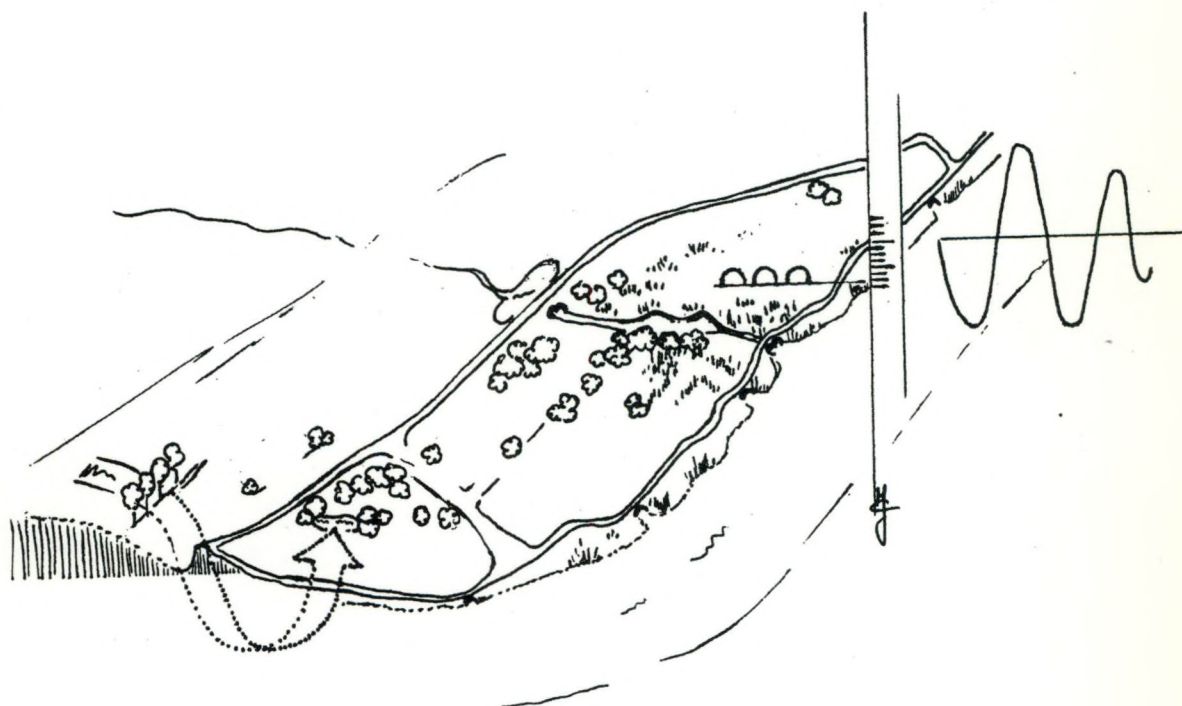


De inpassing van de Barbierbeek in het gecontroleerde overstromingsgebied Kruibeke - Bazel - Rupelmonde

Otto Hettinga, Dick van Oevelen, Jenny van der Welle & Patrick Meire



Instituut voor Natuurbehoud

61983

De inpassing van de Barbierbeek in het Gecontroleerde OverstromingsGebied Kruibeke - Bazel - Rupelmonde

Onderzoek naar de technische mogelijkheden voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR en de uitwerking van verschillende inrichtingsvarianten om de natuurwaarde van de Barbierbeek in het GOG-KBR te vergroten.

Otto Hettinga, Dick van Oevelen, Jenny van der Welle & Patrick Meire

Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25
1070 Brussel

Rapport IN 98/22

September 1998

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

Colofon

Tekst: Otto Hettinga, Dick van Oevelen, Jenny van der Welle & Patrick Meire

Eindredactie en lay-out: Jenny van der Welle

Tekeningen: Jenny van der Welle

Wijze van citeren: Hettinga, O., Meire, P., Oevelen van, D. & Welle van der, J., De inpassing van de Barbierbeek in het Gecontroleerd Overstromingsgebied Kruibeke - Bazel - Rupelmonde, Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98/22, Brussel

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

Leeswijzer

Dankwoord

1. INLEIDING	1
1.1 Het Schelde-estuarium	1
1.2 Sigmaplan	1
1.3 Algemene Milieu-Impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaplan	1
1.4 Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde	2
1.5 De Barbierbeek in het Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde	3
2. DOELSTELLING	4
3. GEBIEDSBESCHRIJVING	5
3.1 Topografie	5
3.2 Geologie	5
3.3 Hydrografie	6
3.4 Huidige functies	6
3.5 Beschrijving van de Barbierbeek	7
4. GECONTROLEERD OVERSTROMINGSGEBIED KRUIBEKE-BAZEL- RUPELMONDE	10
4.1 Inleiding	10
4.2 Gecontroleerd Gereduceerd Getij	11
4.2.1 Principe	11
4.2.2 Streefbeeld	11
4.2.3 Technische realisatie	12
5. WATERKWALITEIT VAN DE BARBIERBEEK	13
5.1 Inleiding	13
5.2 Materiaal en methode	13

5.3 Inventarisatie van de waterkwaliteit	15
5.4 Vervuilingsbronnen	20
5.4.1 Huishoudelijk afvalwater	20
5.4.2 Industrieel afvalwater	21
5.4.3 Agrarisch afvalwater	22
5.5 Geplande maatregelen	23
5.5.1 Algemeen	23
5.5.2 Huishoudelijk afvalwater	24
5.6 Aanvullende maatregelen	26
5.6.1 Algemeen	26
5.6.2 Alsnog opnemen in rioleringsplannen	26
5.6.3 Voorzien in kleinschalige, biologische zuivering	27
5.6.4 Verwachte resultaten aanvullende maatregelen	28
5.6.5 Extra aanvullende maatregelen	29
5.7 Conclusie	30
5.8 Kritische beschouwing	30
 6. WATERKWANTITEIT VAN DE BARBIERBEEK	 31
6.1 Inleiding	31
6.2 Materiaal en Methode	31
6.2.1 Beschikbare debietgegevens	31
6.2.2 Afgeleide debietgegevens	31
6.2.3 Benadering van extreme debieten	32
6.3 Resultaten	32
6.3.1 Seizoenaal verloop	32
6.3.2 Lange termijn verloop	33
6.3.3 Verloop van de extreme waarden	34
6.4 Conclusie	36
6.5 Discussie	36
 7. WACHTBEKKEN VOOR DE RINGDIJK	 37
7.1 Inleiding	37
7.2 Beschrijving van de situatie	37
7.3 Berekeningswijze	39
7.4 Input: debiet van de Barbierbeek en stormvloed op de Schelde	39
7.4.1 Analyse van het debiet van de Barbierbeek	39
7.4.2 Analyse van de stormvloeden op de Schelde	40
7.4.3 Maatgevend debiet en stormtij	42
7.5 Resultaten	44
7.6 Conclusies	45

7.7 Discussie	45
7.8 Aanvullende berekeningen	46
7.8.1 Periode van hoog laag water op de Schelde	46
7.8.2 Effect van de Barbierbeek op een GGG	47
8. WACHTBEKKEN VOOR DE WOONKERN VAN BAZEL	50
8.1 Inleiding	50
8.2 Randvoorwaarden	50
8.3 Dimensionering	50
8.4 Conclusie	52
8.5 Opmerkingen en suggesties	52
9. POMPGEMAAL	53
9.1 Inleiding	53
9.2 Randvoorwaarden	53
9.3 Schroefcentrifugaalpompemaal	54
9.3.1 Principe	54
9.3.2 Uitvoering	54
9.3.3 Opstelling / positionering	55
9.4 Schroefvijzelgemaal	55
9.4.1 Principe	55
9.4.2 Uitvoering	56
9.4.3 Opstelling / positionering	56
9.5 Vergelijking van beide gemaaltypen	56
9.5.1 Verstoppingsgevaar	56
9.5.2 Onderhoud	56
9.5.3 Bedrijfszekerheid	57
9.5.4 Aantasting van het aanzicht	57
9.5.5 Geluidsoverlast	58
9.5.6 Schade aan vissen	58
9.6 Conclusies	58
9.7 Kritische opmerkingen en suggesties	59
10. NATUURONTWIKKELING BINNEN DE HUIDIGE BEDIJKING	61
10.1 Principe	61
10.2 Streefbeeld	61
10.3 Huidige situatie	61
10.4 Voorgestelde ingrepen	62
10.4.1 Huidige waterkwaliteit van de Barbierbeek	62

10.4.2 Goede waterkwaliteit van de Barbierbeek	62
10.5 Conclusie	63
10. 6 Discussie	63
11. RUIMTE VOOR MEER NATUURLIJKE BARBIERBEEK	64
11.1 Inleiding	64
11.2 Streefbeeld	64
11.3 Voorgestelde ingrepen	65
11.4 Opmerkingen en suggesties	71
12. DYNAMISCHE BARBIERBEEK	73
12.1 Principe	73
12.2 Dynamische Barbierbeek zonder gecontroleerd gereduceerd getijden	73
12.2.1 Streefbeeld	73
12.2.2 Voorgestelde maatregelen	73
12.2.3 Effecten van de ingrepen	75
12.2.4 Opmerkingen en suggesties	79
12.3 Dynamische Barbierbeek met invloed van gecontroleerd gereduceerd getijden	80
12.3.1 Streefbeeld	80
12.3.2 Voorgestelde maatregel	80
12.3.3 Effecten van de ingrepen	81
12.3.4 opmerkingen en suggesties	82
13. BESCHOUWING	84
13.1 Technische maatregelen	84
13.2 Inrichtingsvarianten	86
14. LITERATUUR	89

Figuren

Bijlagen

Samenvatting

Deze studie behandelt de mogelijkheden voor de inpassing van de Barbierbeek binnen het, in het Sigmaplan geplande, gecontroleerd overstromingsgebied Kruibeke, Bazel en Rupelmonde (GOG-KBR) stroomopwaarts langs de Schelde nabij Antwerpen. Het Scheldewater stroomt bij een stormvloed op de Schelde over de verlaagde overstroombijk het GOG in zodat de piek van de stormvloed gedempt wordt. Een landwaarts aangelegde ringdijk dient dan als waterkering. Het GOG-KBR wordt doorsneden door de Barbierbeek die in het GOG al van oudsher ingedijkt ligt. Deze dijken worden verderop aangeduid met "Barbierbeekdijken". Het gebied tussen de dijken vormt een wachtbekken voor het water van de Barbierbeek wanneer dit niet snel genoeg geloosd kan worden in de Schelde.

De studie maakt deel uit van de voorbereidende activiteiten rond de inrichting het GOG-KBR waarin, gecoördineerd door het Instituut voor Natuurbehoud, onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling binnen het GOG-KBR. In deze studie is zowel gekeken naar de technische haalbaarheid van de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR als naar de perspectieven voor natuurontwikkeling. Voor de natuurontwikkelings perspectieven is een ruwe tweedeling gehanteerd, namelijk:

- natuurontwikkeling onder invloed van de Barbierbeek
- natuurontwikkeling onder invloed van de Barbierbeek en een gecontroleerd gereduceerd getij (GGG). Onder GGG wordt verstaan: een getij dat gecontroleerd wordt door in- en uitwateringssluizen en een gereduceerde getijamplitude heeft van gemiddeld 0,25 tot 0,5 m.

Dit laatste perspectief sluit het beste aan bij de historisch natuurlijke situatie van het gebied die bestaat uit een zoetwater schorren- en slikkensysteem.

Om deze aspecten uit te kunnen werken was het noodzakelijk tevens een studie naar de waterkwaliteit en de waterkwantiteit van de Barbierbeek uit te voeren.

Van de Barbierbeek zijn geen directe afvoergegevens bekend. Op basis van de afvoergegevens van de Kleine Molenbeek te Liezele, die een vergelijkbaar % verhard en onverhard oppervlak van het stroomgebied heeft, kon de afvoer voor de Barbierbeek berekend worden. Daarvoor werd de oppervlakte van het stroomgebied van de Kleine Molenbeek gelijk getrokken met die van de Barbierbeek door het te vermenigvuldigen met een omrekeningsfaktor van 1,43. Uit de berekende Barbierbeek afvoeren volgde een gemiddeld debiet voor de Barbierbeek dat seizoenaal varieert tussen 0,1 tot 0,7 m³/s. Berekende topafvoeren van de afgelopen dertig jaren variëren tussen 3 en ruim 5 m³/s waarbij vanaf ongeveer 1980 een stijgende trend te onderscheiden is in de jaarlijkse maximale etmaaldebieten.

De waterkwaliteit van de Barbierbeek ter hoogte van het geplande GOG-KBR is zeer slecht. De beek is zwaar verontreinigd met huishoudelijk, industrieel en agrarisch afvalwater en wordt nabij het lozingspunt in de Schelde als biologisch dood gekarakteriseerd. Betrokken gemeenten hebben rioleringsplannen opgesteld die, indien uitgevoerd, de belasting van huishoudelijk afvalwater op de Barbierbeek reduceren met gemiddeld 80%. Voor de niet in de rioleringsplannen opgenomen woningen worden de volgende aanvullende maatregelen voorgesteld: 1) alsnog opnemen in rioleringsplannen, en 2) voorzien van een kleinschalige biologische zuivering.

Na uitvoering van de rioleringsplannen en de aanvullende maatregelen lijken de volgende reducties van de belasting van de Barbierbeek door afvalwater mogelijk:

- huishoudelijk afvalwater 92 %
- industrieel afvalwater 90 %
- agrarisch afvalwater 31 %

Om het technisch mogelijk te maken de Barbierbeek in het GOG-KBR in te passen is het noodzakelijk de huidige wachtbekkenfunctie van de Barbierbeek, dat in het geplande GOG is gesitueerd, te compenseren teneinde wateroverlast te voorkomen bij de woningen in Bazel die kort bij de Barbierbeek gesitueerd zijn. Daarom zijn in deze studie de volgende maatregelen uitgewerkt:

- De aanleg van een wachtbekken landwaarts van de geplande ringdijk dat door middel van een sluis in de ringdijk verbonden is met het GOG. De benodigde oppervlakte wordt sterk bepaald door de maximale waterstand die wordt toegelaten in het wachtbekken. Uit de berekeningen volgt dat er voldoende ruimte is om een wachtbekken aan te leggen dat een beveiliging kan garanderen voor een situatie die een retourperiode van 1 per 1000 jaar heeft, zonder dat er woonhuizen verwijderd hoeven te worden.
- De aanleg van een wachtbekken in de natuurlijke Barbierbeekvallei van de middenloop stroomopwaarts van de woonkern van Bazel en het GOG. Dit wachtbekken moet inpasbaar zijn in het beschermde landschap en moet om deze reden zonder grote ingrepen aan te leggen zijn. Uit berekeningen volgt dat het aldus beschikbare bergingsvolume van het bekken onvoldoende is om een beveiliging van 1 per 1000 jaar te kunnen garanderen.
- Het plaatsen van een pompgemaal aan de ringdijk met voldoende capaciteit om een debiet van $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Barbierbeek, dat een retourperiode van 1 per 400 jaar heeft, over te kunnen pompen. Uit onderzoek is gebleken dat dit technisch mogelijk is zowel met een schroefvrijzelmemaal als met een schroefcentrifugaalpompmaal.

Wanneer de waterkwaliteit van de beek sterk verbeterd is, kan er effectief aan natuurontwikkeling in het GOG-KBR worden gewerkt. In deze studie zijn de volgende inrichtingsvarianten uitgewerkt waarmee een hogere natuurwaarde in dat gedeelte van het GOG-KBR kan worden verkregen dat mogelijk onder invloed van de Barbierbeek staat:

- Voor het gebied binnen de huidige bedijking rond de Barbierbeek worden mogelijkheden aangedragen om op basis van de huidige potentiële natuurwaarden zoveel mogelijk natuurrendement te behalen. Zo worden langs de Kruibeekse kreek rijke oeverstroken verwacht en op de iets hoger gelegen gronden bloemrijke hooilanden. Indien de dijken rond de Barbierbeek behouden blijven, heeft de invoering van een eventueel gecontroleerd gereduceerd getij geen invloed op de natuurontwikkeling van de Barbierbeek.
- Voor een groot deel van de Kruibeekse polder wordt, uitgaande van het behoud van de huidige functie landbouw in het GOG-KBR, ruimte gecreëerd voor de ontwikkeling van een meer natuurlijke Barbierbeek. Dit wordt mogelijk gemaakt door verschillende ingrepen in het gebied waarvan het grotendeels verwijderen van de noordelijke Barbierbeekdijk de meest ingrijpende is. Gestreefd wordt naar een beek met ruime en rijk ontwikkelde bermen en oeverstroken met vegetatiegradiënten langs de Kruibeekse kreek. In deze variant wordt een eventuele invoering van een gecontroleerd gereduceerd getij niet overwogen met oog op het behoud van de huidige functie landbouw in het overgrote deel van de polder.
- Voor de Kruibeekse en een groot deel van de Bazelse polder worden maatregelen voorzien die een vrije ontwikkeling van de Barbierbeek mogelijk maken. De meest ingrijpende maatregel om dit te bereiken is het volledig verwijderen van de Barbierbeekdijken behalve het stuk van de zuidelijke Barbierbeekdijk tussen de ringdijk en de natuurlijke verhoging in de Bazelse polder, de donk. Gestreefd wordt naar een grofschalig landschap dat gedomineerd wordt door grote helofyten soorten en een rijk ontwikkeld moerasbos. In deze variant wordt tevens gezien wat de invloed van een eventueel gecontroleerd gereduceerd getij op de natuurontwikkeling kan zijn.

Summary

This report deals with the possibilities to fit the Barbier-brook in the Controlled Inundation Area of Kruibeke, Bazel en Rupelmonde that was planned according the Sigmaplan. The so called CIA-KBR is situated upstream Antwerp. The CIA-KBR will be inundated when a certain flood on the river Schelde overflows the lowered riverdike. The result is a decrease of the peak of the flood. A dike at the polder side will fullfil the defensive function during the period of inundation. This dike is called the "ringdike". The Barbier-brook cuts through the CIA-KBR. Within the CIA the Barbier-brook is diked in since the 13th century. Further on in this text these dikes will be called Barbier-brook dikes. Nowadays, the area between these dikes forms the storage for the Barbier-brook.

The study participates in the preparations for the CIA-KBR. Co-ordinated by the Institute of Nature Conservation in Brussels some studies for possibilities of nature development within the CIA-KBR are carried out.

In this report the technical possibilities to fit the Barbier-brook in the CIA-KBR as well as the perspectives for nature development are studied. The perspectives for nature development can be split in:

- nature development influenced by the Barbier-brook
- nature development influenced by the Barbier-brook and a controlled reduced tide, controlled reduced tide stands for: a tide controlled by culverts for the in- and outlet of water from the river Schelde with a reduced tide amplitude with an average of 0,25 to 0,5 m. This last perspective corresponds most to the historical natural situation of the area which consists of freshwater marshes and mud plains.

To be able to work out these aspects it is necessary to carry out also a study of the water quality and quantity of the Barbier-brook.

No discharge data from the Barbier-brook are known at all. Based on the discharge data of the Kleine Molenbeek near Liezele, which has a similar catchment area except the size, the discharge from the Barbier-brook could be abstracted. To do so, the surface area of the Kleine Molenbeek is multiplied by a factor 1,43. From these discharge data follows a mean discharge of the Barbier-brook which varies seasonally between 3 and 5 m³/s. These data show also an increase in the annual maximum 24h-discharges starting from approximately 1980.

The quality of the water of the Barbier-brook off the CIA-KBR is very bad. The brook is heavily polluted with domestic, industrial and agricultural wastewater. Nearby the site where the brook discharges into the Schelde it is characterised as "biologically dead". The involved communities have made sewerage plans which will decrease the pollution of the Barbier-brook with domestic wastewater with about 80%. Concerning the houses which are not covered by the sewerage plans the following measures are given: 1) yet include into the sewerage plans, and 2) provide small-scale biological treatment.

After completion of the sewerage plans and the extra measures the following reductions of the pollution by wastewater on the Barbier-brook could be reached:

- domestic wastewater: 92%
- industrial wastewater: 90%
- agricultural wastewater: 31%

To make it technically possible to fit the Barbier-brook in the CIA-KBR it is necessary to compensate the storage of the Barbier-brook in order to prevent the brook to cause trouble at the houses of Bazel that stand close to the brookside. For this reason the following measures will be elaborated:

-
- The realisation of a storage along the ringdike which is connected with the CIA by means of a culvert. The surface needed for the storage is regulated by the maximum water level that is tolerated in the storage. From calculations follows that there is enough place to realise a storage that can guarantee a safety for a situation with a return period of 1 per 1000 years. No houses need to be removed.
 - The realisation of a storage in the natural valley of the Barbier-brook situated upstream Bazel and the CIA. This storage needs to be fit in the protected landscape without large works. From calculations follows that the available storage volume is insufficient to guarantee a safety for a situation with a return period of 1 per 1000 years.
 - Placing a pumping station at the ringdike with sufficient capacity to pump over a discharge of the Barbier-brook with a return period of 1 per 400 years which is $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$. It is technically possible to reach this with a "screw-up-pumping station" as well as with a "screw-centrifugal-pumping station".

Not until the quality of the water of the Barbier-brook improves strongly, nature development can be effectively worked out. In this study the following perspectives for nature development are elaborated in order to increase the value of nature in that part of the CIA that can be influenced by the Barbier-brook:

- Concerning the area between the Barbier-brook dikes possible measures are worked out to improve the present potential values of nature. Thus rich zones along the Creek of Kruikebe can be expected and the higher grounds will be rich in flowering plants. When the dikes around the Barbier-brook are preserved the introduction of a controlled reduced tide is of no influence concerning nature development of the Barbier-brook.
- Concerning a part of the polder of Kruikebe space will be created for development of a more natural Barbier-brook. The agricultural activities on the other grounds will be preserved. Different measures will make this possible of which one is the removal of the northern Barbier-brook dike. There will be aimed towards broad and rich developed zones along the brook with gradation in vegetation types. The introduction of a controlled reduced tide is not considered because of the present function of agriculture in the polder.
- Concerning the polders of Kruikebe and Bazel measures are worked out to provide a total free development of the Barbier-brook. The most effective measure to reach this is the removal of the Barbier-brook dikes except that part of the dikes between the new ringdike and the natural height in the polder of Bazel. There will be a striving towards a large scaled landscape dominated by reeds and rich developed wetlands. The introduction of a controlled reduced tide is of great influence of the nature development in this situation. It might even result in freshwater marshes and mud plains in the CIA-KBR.

Leeswijzer

In deze leeswijzer worden eerst een aantal aandachtspunten besproken die bij het lezen van dit rapport van nut kunnen zijn. Vervolgens volgt van ieder hoofdstuk een beknopte omschrijving van de inhoud, waarbij tussen haakjes het paragraafnummer is vermeld.

Nummering van figuren

De figuren die in dit rapport zijn gebruikt zijn op twee verschillende manieren genummerd.

De figuren die gewoon tussen de tekst in de hoofdstukken staan, hebben een twee cijferige code, bijvoorbeeld 5.3. Het eerste cijfer komt overeen met het betreffende hoofdstuk, het tweede cijfer is het volgnummer van de figuur in het betreffende hoofdstuk. De verwijzing (figuur 5.3) houdt dus in de derde figuur in de tekst van hoofdstuk 5.

Daarnaast zijn er nog figuren die een totale pagina in beslag nemen, deze zijn achter hoofdstuk 14 en voor de bijlagen ingebonden. Deze figuren zijn genummerd van 1,2,3 enz. In de hoofdstukteksten worden beide aanduidingen door elkaar gebruikt.

Hoofdstuk 1: Inleiding

In het eerste hoofdstuk van dit rapport wordt kort ingegaan op het belang van het Schelde-estuarium (1.1) en het daarmee samenhangende Sigmaplan (1.2). Daarna zal er verder op de problematiek van de opdracht worden ingezoomd. Dit begint met het feit dat er momenteel bij ieder project, dat binnen het kader van het Sigmaplan valt, een studie naar de impact op het milieu wordt uitgevoerd kaderend in een Algemene Milieu-Impact Studie voor het eerste deel van het Sigmaplan (AMIS) (1.3). Dus ook voor de aanleg van het Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (GOG-KBR) (1.4). Daarna wordt er dieper ingegaan op de opdracht, namelijk de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR (1.5).

Hoofdstuk 2: Doelstelling

In dit hoofdstuk worden de doelen, die voor de opdracht zijn gesteld, besproken. In het kort komt het erop neer dat er inrichtingsvarianten ten aanzien van natuurontwikkeling moeten worden opgesteld en dat er technische oplossingen moeten komen om wateroverlast in Bazel te voorkomen.

Hoofdstuk 3: Gebiedsbeschrijving

In dit hoofdstuk wordt uitgebreid ingegaan op de beschrijving van het studiegebied. Bij deze beschrijving wordt ingegaan op de topografie (3.1) en de hydrologie (3.2) van het gebied, dit wordt gevolgd door de hydrografische omstandigheden (3.3). Daarna zal er worden ingegaan op de huidige functies van het gebied (3.4) en aansluitend hierop zal er dieper worden ingegaan op de Barbierbeek die het gebied doorsnijdt (3.5).

Hoofdstuk 4: Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruikeke-Bazel-Rupelmonde

In dit hoofdstuk wordt in de inleiding ingegaan op het begrip Gecontroleerd OverstromingsGebied (GOG) (4.1). Daarna wordt het begrip Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GGG) (4.2) uitvoerig behandeld. Hierbij zal eerst het principe van GGG (4.2.1) nader worden verklaard waarna het streefbeeld (4.2.2) van deze beheersvariant wordt weergegeven. Tot slot van dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het GGG technisch gerealiseerd moet worden (4.2.3).

Kwaliteit en kwantiteit van de Barbierbeek

Hieronder vallen de hoofdstukken 5 en 6, in deze hoofdstukken worden respectievelijk de waterkwaliteit en de waterkwantiteit van de Barbierbeek besproken. In deze hoofdstukken wordt informatie verzameld die essentieel is voor de rest van het onderzoek

Hoofdstuk 5: Waterkwaliteit van de Barbierbeek

Dit hoofdstuk maakt in de inleiding duidelijk dat het slecht gesteld is met de waterkwaliteit van de Barbierbeek (5.1). Vervolgens wordt de methode beschreven die is gebruikt om te inventariseren wat er gedaan kan worden om de beek weer schoon te krijgen (5.2). De resultaten van de inventarisatie van de waterkwaliteit worden eveneens weergegeven (5.3). De vervuilsbronnen (5.4) van de Barbierbeek worden onderverdeeld in huishoudens (5.4.1), industrie (5.4.2) en landbouw (5.4.3). Hierna wordt een overzicht gegeven van de maatregelen die op dit moment reeds gepland zijn (niet uitgevoerd) ter verbetering van de waterkwaliteit (5.5). Dit is onderverdeeld in een algemeen deel (5.5.1), waarin alle vervuilsbronnen worden belicht. Daarna gevolgd door plannen ter vermindering van de lozingen van huishoudelijk afvalwater (5.5.2). Hierna volgt een overzicht van de aanvullende maatregelen die nodig zullen zijn om de kwaliteit van de beek tot een aanvaardbaar niveau te krijgen (5.6). Ook hier eerst een algemeen deel (5.6.1) waarin globaal op alle vervuilsbronnen wordt ingegaan, gevolgd door aanvullende maatregelen om de vervuilende invloed van huishoudens te beperken. Hiervoor zijn twee mogelijkheden opgenomen: 1) alsnog op nemen in de riolering (5.5.2), of 2) voorzien in biologische zuivering (5.6.3). Daarna wordt een overzicht gegeven van resultaten die van de maatregelen verwacht mogen worden (5.6.4). Hierna volgen nog enkele extra aanvullende maatregelen (5.6.4), die kunnen worden toegepast wanneer de plannen in de praktijk niet uit de verf komen. Hierna worden de conclusies over de zuiveringsmogelijkheden van de Barbierbeek (5.7) gegeven, gevolgd door een kritische beschouwing (5.8) over de methode van inventarisatie en de zuiveringskansen.

Hoofdstuk 6: Waterkwantiteit van de Barbierbeek

Dit hoofdstuk gaat over de waterkwantiteit van de Barbierbeek. Na een korte inleiding (6.1), wordt er vermeld met welk materiaal en welke methode (6.2) er aan voorspelde debietsgegevens van de Barbierbeek is gekomen. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen beschikbare debietsgegevens (6.2.1) en debietsgegevens die zijn afgeleid van een vergelijkbare beek (6.2.2). Hierna wordt besproken hoe de extreme debieten (6.2.3) voor de Barbierbeek zijn berekend, en wordt ingegaan op het seizoenaal, en het lange termijn (6.3.2) verloop. Het laatste aandachtspunt is het verloop van de extreme waarden (6.3.3). Hierna zullen er enkele conclusies (6.4) worden getrokken over de waterkwantiteit en volgt een discussie (6.5) over de toegepaste methode en de verkregen conclusies.

De opvang van Barbierbeekwater

Hieronder vallen de hoofdstukken 7, 8 en 9. In deze hoofdstukken worden technische oplossingen aangedragen voor de opvang van Barbierbeekwater. Deze maatregelen zijn noodzakelijk omdat ten behoeve van natuurontwikkeling de huidige opvang van het Barbierbeekwater verloren kan gaan. Mits er geen andere oplossing voor de opvang van het beekwater komt, is het verlies van de huidige opvangmogelijkheid onverantwoord met het oog op wateroverlast in Bazel.

Hoofdstuk 7: Wachtbekken voor de ringdijk

In deze variant wordt beschreven hoe het Barbierbeekwater opgevangen kan worden in een wachtbekken bij de ringdijk. Na een korte inleiding (7.1) en situatiebeschrijving (7.2) volgt de bij deze variant gebruikte berekeningswijze voor het bufferend vermogen van het bekken.(7.3). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een model, waarin zowel de Barbierbeek als de Schelde zijn opgenomen (7.4). Hieruit volgt een analyse van het debiet van de Barbierbeek (7.4.1) en een analyse naar een stormvloed op de Schelde (7.4.2). Samen geeft dit een maatgevend debiet van de Barbierbeek in geval van een stormtij op de Schelde (7.4.3). Vervolgens worden de resultaten (7.5) besproken en volgen de conclusie (7.6) en de discussie (7.7). Aan het einde van dit hoofdstuk is nog een aanvullende berekening (7.8) uitgevoerd, die een situatie doorrekent

van hoog laagwater op de Schelde (7.8.1) en de invloed daarvan op de werking van het GOG. Daarnaast wordt ook gekeken naar het effect van de Barbierbeek op een mogelijk GGG (7.8.2).

Hoofdstuk 8: Wachtbekken voor de woonkern van Bazel

In deze variant wordt beschreven hoe het Barbierbeekwater kan worden opgevangen in een bekken voor de woonkern van Bazel. Er zal eerst een korte inleiding (8.1) worden gegeven over het bekken en de omgeving van het bekken, waarna de voor deze situatie geldende randvoorwaarden (8.2) worden weergegeven. Vervolgens wordt er ingegaan op de voor het bekken benodigde dimensionering (8.3). Hierna volgen de conclusies (8.4), vergezeld van enkele kritische opmerkingen en suggesties (8.5).

Hoofdstuk 9: Pompgemaal

In deze laatste variant wordt beschreven hoe het op te vangen Barbierbeekwater met behulp van een gemaal over de ringdijk gepompt kan worden. In de inleiding (9.1) wordt over de inzet van gemalen geschreven. Dit wordt gevolgd door de randvoorwaarden (9.2) waaraan een gemaal in deze situatie moet voldoen. Dan wordt het schroefcentrifugaalpomp-gemaal (9.3) besproken in drie subparagrafen, te weten: principe van het gemaal (9.3.1), uitvoering (9.3.2) en opstelling/positionering (9.3.3). Hierna volgt de bespreking van een schroefvrijzelgemaal (9.4), waarbij wederom behandeld worden: principe (9.4.1), uitvoering (9.4.2) en opstelling/positionering (9.4.3). Hierna volgt er een vergelijking van beide gemaaltypen (9.5) op de eigenschappen: verstoppingsgevaar (9.5.1), onderhoud (9.5.2), bedrijfszekerheid (9.5.3), aantasting van het aanzicht (9.5.4) en geluidsoverlast (9.5.5). Aan de hand van deze vergelijking worden er conclusies getrokken (9.6), vergezeld van enkele kritische opmerkingen en suggesties (9.7).

Inrichtingsvarianten ten behoeve van natuurontwikkeling

Hieronder vallen de hoofdstukken 10, 11 en 12. In deze hoofdstukken moeten inrichtingsvarianten worden aangegeven ten behoeve van natuurontwikkeling in het GOG.

Hoofdstuk 10: Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking

Deze eerste variant gaat over de inrichting, ten behoeve van natuurontwikkeling, binnen de huidige bedijking van de Barbierbeek. Eerst zal het principe (10.1) van deze variant worden weergegeven (10.1), gevolgd door het streefbeeld (10.2). Daarna wordt de huidige toestand van het gebied (10.4.1) beschreven. In (10.4) worden voorstellen gedaan voor ingrepen die de potentiële natuurwaarden kunnen verhogen (10.4). Hierbij wordt uitgegaan van de huidige waterkwaliteit (10.4.1) en van een toekomstige goede waterkwaliteit (10.4.2) van de Barbierbeek.. Deze maatregelen worden gevolgd door de conclusie (10.5) en de discussie (10.6).

Hoofdstuk 11: Ruimte voor meer natuurlijke Barbierbeek

Deze variant creëert meer ruimte voor natuurontwikkeling dan de vorige variant, omdat er een volledige dijk langs de Barbierbeek wordt afgegraven. Eerst wordt er een korte inleiding (11.1) gegeven gevolgd door het streefbeeld (11.2) dat bij deze variant hoort. Daarna volgen uitgebreid de voorgestelde ingrepen (11.3) en tot slot nog enkele opmerkingen en suggesties (11.4).

Hoofdstuk 12: Dynamische Barbierbeek

Deze variant geeft de meeste ruimte aan natuurontwikkeling, omdat het grootste deel van de dijken langs de beek worden afgegraven. Het hoofdstuk begint met het principe van deze variant en splitst dan in een uitwerking zonder GGG (12.2) en een uitwerking met GGG (12.3). Zonder GGG: Eerst wordt er een streefbeeld gegeven (12.2.1), waarna de voor deze variant benodigde maatregelen besproken worden (12.2.2), deze paragraaf wordt gevolgd door een

bespreking van de effecten (10.2.3). De variant wordt afgesloten met opmerkingen en suggesties, voor onder andere aanvullend onderzoek.

Met GGG: Ook hier wordt eerst het streefbeeld gegeven, wat in deze situatie een slikken- en schorrengebied is (10.3.1). Ook hier volgen de voorgestelde maatregelen (12.3.2), verwachte effecten (12.3.3) en opmerkingen (12.3.4).

Hoofdstuk 13: Beschouwing

In dit hoofdstuk worden eerst de varianten van de technische maatregelen met elkaar vergeleken en vervolgens de inrichtingsvarianten.

Dankwoord

*Velen hebben ons bij het tot stand komen van dit rapport geholpen.
Maar ja, wie moet je dan allemaal bedanken zonder iemand te vergeten?*

*We beginnen maar neutraal, op het Instituut. Iedereen bedankt!
Al binnen enkele dagen voelden we ons thuis.
Waarschijnlijk hebben de vele traktaten en recepties daar ook wel toe bijgedragen.*

Onze grootste dank gaat toch uit naar onze stagebegeleider Prof. Dr. P. Meire, wij mochten gelukkig Patrick zeggen. Veel hebben we van hem geleerd, hij is ook degene die ons in alle vrijheid, echter altijd met een wakend oog, heeft laten werken aan een Barbierbeek in het GOG-KBR. Deze gezonde spanning heeft ons geïnspireerd en gemotiveerd om, soms letterlijk tot diep in de nacht, vol overgave aan onze afstudeeropdracht te werken. Patrick bedankt!

*Verder willen we ook onze stagedocent Herman Haas bedanken
voor zijn begeleiding en vertrouwen.*

Eigenlijk willen we gewoon iedereen bedanken.

*Patrick, Herman Haas, Sjos, Els, Marjan, Dirk en Dirk, Stefaan Nolet, Maurice
en Ludo Hemelaer willen we graag bij name noemen,*

zonder dat we daar alle anderen te kort mee willen doen...

1. Inleiding

1.1 Het Schelde-estuarium

Estuaria zijn zeer waardevolle gebieden, zowel in economisch als ecologisch opzicht. De economische waarde van een estuarium heeft vaak een zeer ingrijpende impact op het estuarium tot gevolg. Ook het Schelde-estuarium, het deel van de Schelderivier dat aan tijwerking onderhevig is en loopt van Gent (B) tot Vlissingen (NL), is daar niet vrij van gebleven. De zware verontreinigingen, de inpolderingen en de verdiepingswerken om de haven van Antwerpen bereikbaar te houden voor scheepvaart illustreren dit. De hierdoor veroorzaakte economische ontwikkeling heeft tot gevolg gehad dat tegenwoordig duizend mensen wonen en werken in het stroomgebied van het Schelde estuarium (anoniem, 1995 (a)). De overstromingen van onder andere 1953 in Zeeland, hebben echter aangetoond dat leven nabij een estuarium niet zonder gevaar is. De ramp in Zeeland heeft geleid tot het opstellen en uitvoeren van het Deltaplan, dit beoogt een beveiliging tegen een stormvloed met een kans van voorkomen van 1 op 10.000 jaar. In Vlaanderen heeft de stormvloed van 1953 voor minder schade gezorgd. Bij de stormvloed van 1976 was het echter wel raak, grote delen van Vlaanderen overstromden, wat grote schade tot gevolg had. Dit heeft geleid tot het opstellen van het Sigmaplan.

1.2 Sigmaplan

Het Sigmaplan beoogt de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden vanuit de Noordzee. Hiertoe moet het Zeescheldebekken eenzelfde beveiliging krijgen als nagestreefd in het Nederlandse Deltaplan. Het Sigmaplan bestaat uit twee delen:

Deel 1:

- verhoging en verzwaring van 512 km waterkeringen
- aanleg van 13 Gecontroleerde OverstromingsGebieden

Deel 2:

- bouw van een stormvloedkering nabij Oosterweel juist stroomafwaarts van Antwerpen)

Gecontroleerde OverstromingsGebieden (GOG's) zijn gebieden die tijdens een stormvloed overstromen, zodat de polder dient voor opvang van Scheldewater. Dit heeft een dempend effect op de stormvloed tot gevolg, waardoor er voor veel waterkeringen geen verhoging nodig is. De Scheldedijk wordt hiervoor als een overlooptdijk ingericht terwijl een ringdijk de waterkerende functie overneemt tijdens een overstroming. Als deel 1 van het Sigmaplan is uitgevoerd, is het Zeescheldebekken beveiligd tegen stormvloeden met een kans van voorkomen van 1 op 400 jaar. De beveiliging tegen stormvloeden met een kans van voorkomen van 1 op 10.000 jaar kan alleen gerealiseerd worden indien ook deel 2 wordt uitgevoerd. De bouw van een stormvloedkering (deel 2) bevindt zich nog in een studiefase.

Inmiddels is ruim 75% van de verhogings- en verzwaringswerken uitgevoerd (verwachte realisatiejaar 2004) en van de in totaal 13 geplande GOG's zijn er reeds 12 gerealiseerd. Het voorlopig laatste en dertiende GOG is het GOG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (GOG-KBR). De aanleg hiervan is op dit moment in voorbereiding.

1.3 Algemene Milieu-Impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaplan

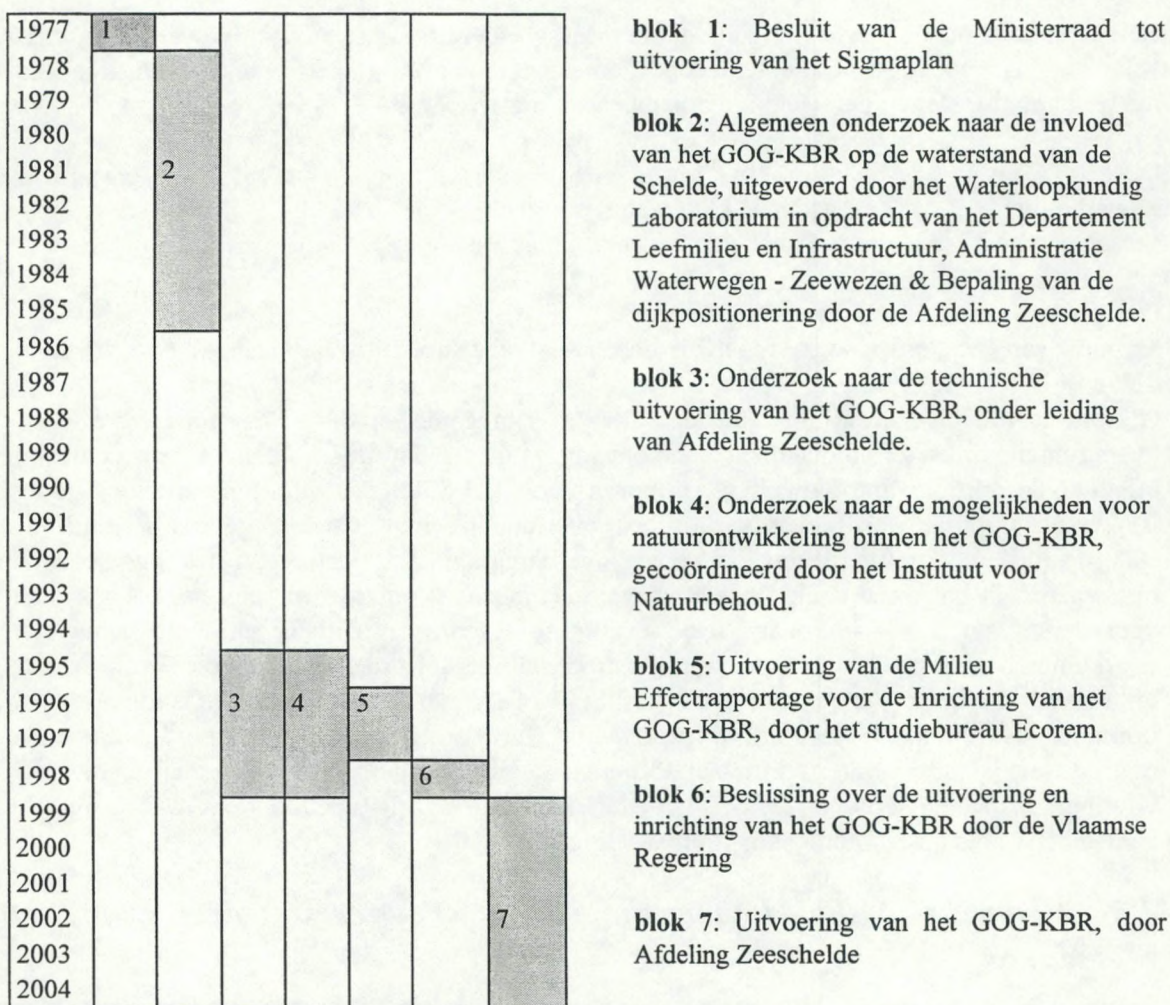
Begin 1994 werd door de Vlaamse Regering beslist om de afwerking van het Sigmaplan maximaal in te passen in het integraal waterbeheer. Immers integraal waterbeheer wordt meer

en meer de basis voor het beleid in Vlaanderen. Daarom werd besloten tot de uitvoering van een "Algemene Milieu-Impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaphan", kortweg AMIS, die door AWZ (Administratie Waterwegen en Zeewezen), AMINAL (Administratie Milieu-, Natuur-, Land-, en Waterbeheer), AROHM (Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten en Landschappen), IN (Instituut voor Natuurbehoud) en IWB (Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer) wordt uitgevoerd. Door deze samenwerking wordt erop toegezien dat alle projecten, waarvan het grootste het GOG-KBR is, in een winst resulteren voor het milieu en voor de veiligheid. Enkele voorbeelden:

- Het beschermen van de dijken tegen erosie door het creëren van terrassen aan de voet van de dijk waarop een schorzone kan groeien, in plaats van de vaak gebruikte steenbestortingen.
- Ontpoldering van bepaalde gebieden, dit heeft vergroting van de komberging en daarmee de veiligheid tot gevolg, tevens wordt het areaal slikken en schorren vergroot (anoniem, 1995 (a)) (anoniem, 1994).

1.4 Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

Het geplande GOG-KBR, gelegen op de linkeroever in de gemeente Kruibeke ten zuiden van Antwerpen, heeft een oppervlakte van ca. 600 ha, dit is groter dan de 12 reeds gerealiseerde GOG's bij elkaar (samen ca. 570 ha). Bij de voorbereiding van dit project zijn een groot aantal instanties betrokken die zowel opvolgend als gelijktijdig met de voorbereiding en besluitvorming omtrent het GOG-KBR bezig zijn. In figuur 1.1 staan bloksgewijs de activiteiten beschreven. De studie die in dit rapport wordt beschreven valt onder blok 4.



Figuur 1.1: Tijdbalk van de activiteiten in het kader van het GOG-KBR

De studies die in blok 4 worden uitgevoerd vormen een onderdeel van het OMES (Onderzoek naar de Milieu Effecten van het eerste deel van het Sigmaplan) onderzoek en project. De belangrijkste deelonderzoeken zijn (Vanwijck, zonder jaar) (Kerstens, 1996):

- studie van de technische mogelijkheden van het instellen van een gecontroleerd gereduceerd getij
- studie van de waterkwaliteit ter hoogte van de polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde
- studie van de gesuspendeerde sedimenten
- studie van de ecologische gevolgen van het instellen van een gecontroleerd gereduceerd getij
- studie van de ecotoxicologische aspecten van het GOG-KBR
- mogelijkheden voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR

1.5 De Barbierbeek in het Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

Het geplande GOG wordt doorsneden door de Barbierbeek, die de scheiding tussen de polder van Kruibeke en Bazel vormt. De waterkwaliteit van de Barbierbeek is slecht, door lozingen van huishoudelijk afvalwater en van (landbouw)bedrijven. De Barbierbeek ligt tussen dijken van 4,00 m TAW (Tweede Algemene Waterpassing), het water wordt gravitair via een uitwateringssluis geloosd op de Schelde. Tijdens een stormgetij is de waterstand in de Schelde zo hoog dat de Barbierbeek niet kan lozen op de Schelde. Het gebied tussen de dijken van 4,00 m TAW fungeert dan als wachtbekken, dat na het stormgetij leegloopt in de Schelde. Het wachtbekken voorkomt wateroverlast in de woningen van Bazel. Om het wachtbekken voor de Barbierbeek te behouden en zelfs te vergroten is in het oorspronkelijke plan voor het GOG-KBR het wachtbekken door middel van 8,35 m TAW hoge dijken buiten het GOG gelaten. Deze hoge dijken vormen een aantasting van de landschappelijke waarde van de Barbierbeek en van de polder en leggen een hypotheek op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Het is hierom zinvol om andere technische mogelijkheden te zoeken die het wachtbekken voor de Barbierbeek binnen het GOG kunnen vervangen, zodat de Barbierbeek geen wateroverlast in de gemeente Bazel veroorzaakt.

Deze mogelijkheden zijn door Otto Hettinga, Dick van Oevelen en Jenny van der Welle in opdracht van het Vlaams Instituut voor Natuurbehoud en onder leiding van Prof Dr. P. Meire, uitgewerkt. Dit is gebeurd in het kader van de afstudeeropdracht voor de opleiding Aquatische Ecotechnologie aan de Hogeschool Zeeland in Vlissingen, Nederland.

In de afstudeeropdracht zijn de mogelijkheden voor het inpassen van de Barbierbeek in het GOG-KBR bestudeerd. Daarbij is alleen gekeken naar de technische haalbaarheid en de perspectieven voor natuurontwikkeling. Hierbij is slechts zijdelings rekening gehouden met de maatschappelijke haalbaarheid en de financiële aspecten. Het is niet de bedoeling dat in deze studie één van de voorgestelde maatregelen wordt geadviseerd of afgeraden. Er is alleen aangegeven welke mogelijke varianten er zijn voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG en met welke factoren daarbij rekening moet worden gehouden wat betreft de inrichting. De uiteindelijke keuze voor een variant, is een politieke keuze die in 1998 genomen moet worden (figuur 1.1) door de Vlaamse Regering. Bij deze keuze wordt niet alleen gekeken naar natuurontwikkelingsperspectieven, maar worden ook sociale en economische belangen meegewogen.

2. Doelstelling

De doelstelling voor deze studie is driedelig:

- Ten eerste: Het uitvoeren van een inventarisatie naar de waterkwaliteit en de reeds opgestelde plannen voor de verbetering van de waterkwaliteit van de Barbierbeek en het aangeven van mogelijke aanvullende maatregelen hierop.
- Ten tweede: Het opstellen en uitwerken van technische maatregelen die de huidige wachtbekkenfunctie van de Barbierbeekvallei in de polder van Kruibeke kunnen compenseren wanneer de Barbierbeek in het GOG-KBR wordt opgenomen, teneinde overstromingen in Bazel door de Barbierbeek te voorkomen. Hiertoe werden drie technische maatregelen onderzocht:
 1. **Wachtbekken voor de ringdijk:** Deze maatregel beschrijft de mogelijkheid van de aanleg van een wachtbekken voor de Barbierbeek in een strook stroomopwaarts de ringdijk van het GOG-KBR.
 2. **Wachtbekken voor de woonkern van Bazel:** Deze maatregel beschrijft de mogelijkheid van de aanleg van een wachtbekken voor de Barbierbeek in de natuurlijke beekvallei stroomopwaarts van de woonkern van Bazel.
 3. **Pompgemaal:** Deze maatregel voorziet in het plaatsen van een pomp met voldoende capaciteit om een topdebiet van de Barbierbeek over de ringdijk te kunnen pompen, wanneer gravitair lozen van de beek op het GOG niet meer mogelijk is door een hogere waterstand in het GOG.
- Ten derde: Het opstellen en uitwerken van inrichtingsvarianten voor de Barbierbeek binnen het GOG-KBR die opeenvolgend (1, 2 en 3) in de tijd toepasbaar zijn in het GOG, ten einde een hogere natuurwaarde in het gebied te verkrijgen. Hiertoe werden drie inrichtingsvarianten opgesteld:
 1. **Natuurontwikkeling binnen huidige bedijking:** Bij deze variant worden maatregelen aangedragen waarmee getracht wordt, uitgaande van de huidige potentiële natuurwaarden, zoveel mogelijk natuurrendement te behalen voor het gebied binnen de huidige bedijking rond de Barbierbeek.
 2. **Ruimte voor meer natuurlijke Barbierbeek:** Bij deze variant wordt uitgegaan van het behoud van de huidige functie landbouw in het grootste deel van de Kruibeekse polder. De Barbierbeek krijgt meer ruimte voor een meer natuurlijke ontwikkeling door de noordelijke dijk rond de beek in het GOG gedeeltelijk en op sommige plaatsen zelfs geheel af te graven. De zuidelijke dijk blijft in de huidige vorm behouden.
 3. **Dynamische Barbierbeek:** Bij deze variant wordt uitgegaan van een vrije ontwikkeling van de Barbierbeek en de omliggende gronden binnen het GOG-KBR. Hiertoe worden de huidige dijken rond de Barbierbeek grotendeels verwijderd waardoor het invloedsgebied van de beek aanzienlijk wordt uitgebreid in de polders van Kruibeke en Bazel.

3. Gebiedsbeschrijving

Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van het studiegebied met de nodige informatie voor een goed begrip van de volgende hoofdstukken in dit rapport. Voor een gedetailleerdere uitwerking van de gebiedsbeschrijving wordt verwezen naar Van den Balck (1998 (b)).

3.1 Topografie

Het studiegebied GOG-KBR is gelegen in de provincie Oost-Vlaanderen, binnen de driehoek Antwerpen-Beveren-Temse op de linkeroever van de Schelde. Het GOG ligt binnen de polders van de drie deelgemeenten Kruibeke, Bazel en Rupelmonde. De situering van het studiegebied GOG-KBR in het Schelde bekken is weergegeven in figuur 1. De polders bestrijken een oppervlakte van ongeveer 750 ha. Het geplande GOG zal ongeveer 600 ha groot zijn. Het gebied wordt ten noorden begrensd door de industriezone Kruibeke-Noord, ten zuiden en ten oosten door de Schelde en ten westen door de dorpskernen van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde (Nachtergale, 1994).

De bewoning van de drie dorpskernen situeert zich juist op de scheiding van twee landschappen: ten westen het uitgesproken agrarische landschap van het Waasland en ten oosten de rivierpolders, onderdeel van het Scheldeland. Deze scheiding wordt gevormd door een natuurlijke steile cuestarug (figuur 2). De cuestarug loopt snel op van 3 m naar 10 m TAW ten noorden van Kruibeke, tot 15 m in Bazel en Rupelmonde. De Barbierbeek, Rapenbergbeek en de Hanewijkbeek hebben zich in het cuestafront ingesneden, waardoor aansluitend bij de dalflank van de Scheldevallei een golvende topografie is ontstaan (Snacken, 1969) (Baeyens, 1976). Het gebied is een ingepolderde rivieropvullingsvlakte van de Schelde, met een hoogte van 1 m tot 2 m TAW. Alleen de verhoging in de Bazelse polder, de Bazelse donk genoemd, de overslaggronden in de Rupelmondse en de Fasseitpolder (vaak samen aangeduid als de Rupelmondse polder) en het stuk hoog opgeslibde polder nabij Kallebeek stijgen boven dit niveau uit tot een hoogte van 2 m tot 3 m TAW. In de figuren 3, 4 en 5 is de hoogteligging van het gebied weergegeven.

De buitendijkse schorren liggen op een hoogte van 5 m TAW (Nachtergale, 1994).

3.2 Geologie

Het gebied is grotendeels gelegen in de alluviale vlakte van de Schelde. Het geologisch substraat van het gebied bestaat uit mariene sedimenten die gedurende een transgressie fase in het Oligoceen, ongeveer 35 miljoen jaar geleden, werden afgezet. Tijdens deze periode, waarin de zee landinwaarts oprukte, zijn sedimenten afgezet van het Rupeliaan. Deze sedimenten met een kleilig karakter worden ook wel de Boomse kleifformaties genoemd. Gedurende het Pleistoceen, ongeveer 2 miljoen jaar geleden, is in deze formaties een heuvelrug ontstaan die duidelijk boven de omgeving uit steekt. Zeer typisch is het asymmetrische karakter van deze heuvelrug: een steile zuidflank en een zwakhellende noordflank. Dit type heuvelrug wordt in de geologie een cuestarug genoemd. Een cuestarug wordt gevormd in een aantal fasen. In een eerste fase worden horizontale lagen afgezet die afwisselend hard (veel weerstand biedend) en zacht (weinig weerstand biedend) zijn. In een tweede fase worden de oorspronkelijk horizontaal afgezette lagen scheef gesteld. Hierna kan door inwerking van erosie op de zachte lagen de cuestavorming plaatsvinden. De zachte lagen worden makkelijk weggeslepen en vormen steile flanken, terwijl de harde lagen moeilijker wegslijpen en zachthellende flanken vormen (Goossens, 1984). In dezelfde periode is in de Bazelse polder een verhoging ofwel donk gevormd uit eolische zandafzettingen. In de lagere delen is het jongere Holocene oppervlakteveen van betekenis dat ongeveer 10.000 jaren geleden is ontstaan. Op verscheidene plaatsen is dit veen later door de mens ontgonnen. Op het veen rust rivieralluvium waarvan de textuur verschilt van klei tot kleilig zand. De dikste en jongste kleifformaties liggen het dichtst bij de Schelde. Daar waar door dijkbreuken het veen is weggeslagen, zijn kalkrijke zandige

kleiformaties afgezet die de karakteristieken van een estuariene afzetting hebben. Het geheel is in vanaf de 13^e eeuw als polderland ingedijkt en ontwaterd (Snacken, 1969) (Bayens, 1976).

3.3 Hydrografie

Het studiegebied behoort tot het stroomgebied van de Schelde. De bodems staan hier permanent onder invloed van grondwater op geringe diepte, dat aan seizoensschommelingen onderhevig is. Gedurende de periode 27-9-1996 tot 4-1-1997 zijn er peilbuismetingen van grondwaterstanden uitgevoerd in het gebied. Het grondwaterpeil varieerde in deze periode tussen de 0,36 m en de 1,24 m onder het maaiveld (Van den Balck, 1998 (a)).

Het gebied heeft een dicht, kunstmatig ontwateringsnetwerk dat reeds bij het begin van de inpoldering van het gebied in de 13^e eeuw werd aangelegd. In het ingedijkte gebied dat nog periodiek onder water liep, werden opgehoogde wegen aangelegd met diepe sloten langs beide zijden waarlangs ontwaterd kon worden. Vanaf deze damwegen werden "twissels" getrokken, ontwateringssloten die rond stukken moerasland werden gegraven waardoor deze geleidelijk drooggelegd werden. De afvoerkanaal komen samen in de dijkgracht, die via 5 uitwateringssluizen gravitair op de Schelde loost.

In figuur 6 is de hydrografische situatie van de polders weergegeven en tevens de belangrijkste grote afvoerkanaal:

in de Kruibeekse polder: de Akkersbeek en de Kapelbeek

in de Bazelse polder: de Balkstaftwissel en de Rapenbergbeek

in de Rupelmondse polder: de Hanewijkbeek en de Vliet

Op de grens van de Kruibeekse en de Bazelse polder ligt de Barbierbeek volledig ingedijkt. Verderop in dit hoofdstuk wordt deze beek gedetailleerder omschreven.

Ten noorden van de Barbierbeek watert de Kruibeekse polder af via de Akkersbeek en de dijksloot. Het oppervlaktewater wordt opgepompt in het wachtbekken van de Kapelbeek, dat tevens het rioolwater van Kruibeke verzamelt. Vanuit het wachtbekken wordt het water overgepompt in de Schelde. Ten zuiden van de Barbierbeek watert de Bazelse polder af via de verschillende afvoerkanaal en dijksloten. Het enige lozingspunt in de Schelde is gelegen bij Kallebeek. Een fractie van de Rupelmondse polder watert af via de Vliet. De Rupelmondse en de Kruibeekse kreek en de verschillende wielen, die ontstaan zijn bij dijkdoorbraken, vormen bijkomende ontwateringsmogelijkheden voor het poldergebied. De Rapenbergbeek en de Hanewijkbeek worden aan de voet van de cuestas ten westen van het gebied opgevangen en verzameld in de Vliet, die uitmondt in de Schelde te Rupelmonde (Nachtergale, 1994).

3.4 Huidige functies

Het grondgebruik in de polder is de laatste 200 jaren sterk geëvolueerd. Het huidige karakter van de polder en de ecologische structuurkenmerken kunnen dus als vrij recent beschouwd worden.

Het gebied heeft de hoofdfuncties landbouw en natuur met enkele nevenfuncties als recreatie en sportvisserij. Binnen de functie landbouw nemen akkerland en grasland 56,4% van het gebied in beslag. Beide gebruiksvormen werden in het gewestplan van St.Niklaas-Lokeren (1978) vastgelegd. De bestemmingen vallei-, bos-, en landschappelijk waardevol landbouwgebied maken het grootste deel van de polders uit (figuur 7). Onder valleigebieden wordt verstaan: de agrarische gebieden met landschappelijke waarde, waarin slechts agrarische werken en handelingen mogen worden uitgevoerd die het specifiek natuurlijk milieu van planten en dieren en de landschappelijke waarde niet schaden. (anoniem, 1978) (Martens, 1994). Het agrarisch polderlandschap wordt regelmatig afgewisseld door kleine natuurgebieden, o.a. wielen, kreken, moerasbossen etc. Buitendijks vormen de kale slikken en de met riet en wilg begroeide schorren de voornaamste natuurgebieden. De Oost-Polder, die een deel van de Kruibeekse polder vormt, de Barbierbeek, de kreken, de schorren en slikken zijn op het gewestplan (1978) als natuurgebied gezoneerd (figuur 7). Naast de landbouw- en

natuurfunctie hebben de polders ook een recreatieve functie. De Kruibeekse Scheldevallei oefent in de weekenden een grote aantrekkingskracht uit op dagrecreanten. Wandelaars en fietsers uit de stedelijke agglomeratie Antwerpen en de sterk geïndustrialiseerde zone Hoboken-Hemiksem-Schelle-Niel-Boom komen hier verpozen. Op een vakantiezondag trekken ongeveer 3000 dagtoeristen met het veer Hoboken-Hemiksem de Schelde over richting Bazel. De Verkortingsdijk tussen Kallebeekveer en de dorpskern van Bazel geniet bij de meeste wandelaars de voorkeur. De ontwikkeling van het horecabedrijf aan Kallebeekveer is een gevolg van het intens gebruik van de veerdienst.

De krek en de al dan niet gegraven visvijvers zijn van belang voor de sportvisserij. Met name in de Rupelmondse kreek wordt veel gevisd en langs de oevers staan tientallen vissershuisjes. Ook in de Kruibeekse polder wordt veel gevisd in visvijvers, maar hier staan geen vissershuisjes op de oevers. De meeste bossen worden in het jachtseizoen als jachtgebied gebruikt. In de Oost-Polder worden weekendverblijven aangetroffen.

3.5 Beschrijving van de Barbierbeek

De Barbierbeek heeft een stroomgebied van 4395 ha en maakt deel uit van het Scheldebekken. Deze waterloop van de tweede categorie (een onbevaarbare waterloop) is ongeveer 15 km lang, heeft een zeer grillig verloop en is op vele plaatsen diep uitgesneden. Vanaf de oorsprong in Elversele loopt de beek enigszins evenwijdig aan de Schelde en mondt er in uit op de grens Bazel-Kruibeke. In figuur 8 is het stroomgebied van de Barbierbeek gesitueerd en worden de 17 beken en andere waterlopen aangegeven die op de Barbierbeek uitkomen. De beek stroomt door 4 gemeenten, te weten St. Niklaas, Beveren, Temse en Kruibeke.

Door het gemeentebestuur van Kruibeke is de Barbierbeekvallei in juni '92 voorgedragen in een "Voorstel tot rangschikking als landschap" om de landschappelijke waarde van de vallei te beschermen. In het voorstel wordt de beek als volgt beschreven:

"De Barbierbeek vormt reeds in haar bovenloop meanders die vanaf de autoweg E-17 zeer uitgesproken zijn. Vanaf hier worden zelfs hier en daar afsnijdingen aangetroffen. Deze afgesneden meanders zijn meestal van recente aard en waarschijnlijk op natuurlijke wijze ontstaan. De waarde van een dergelijk meanderende beek is hoog in te schatten aangezien er in Vlaanderen zich nog weinig beken hun meandervorm hebben behouden. De Barbierbeek voert grote hoeveelheden water af van het verharde oppervlak van de bebouwde omgeving en de nabijgelegen E-17. Door de kracht van het water oefent de beek op sommige plaatsen een sterke erosieve invloed uit.

Langs de Barbierbeek komen enkele hoevecomplexen voor en een watermolensite. De plaats van de hoeves is indicatief voor de begrenzing van de historische overstromingszone: bij de oprichting ervan trad de Barbierbeek normaal niet zover buiten haar oevers. Een oude site is het "Hof ter Elst" dat dateert uit de 13^e-14^e eeuw en van grote archeologische waarde is. Een andere belangrijke hoeve is het "Geelhof" wat als monument en dorpsgezicht beschermd wordt.

De botanische waarde van de Barbierbeekvallei wordt aangetoond in de perceelranden. Langs deze meest oude grenzen komen soorten voor die thuishoren in zomen en kapvlakten. Speciaal werd de verspreiding genoteerd van Speenkruid, Grootbloemige muur en Dagkoekoeksbloem "

(De Meirman, 1992).

Tijdens een recente studie naar de typologie van de waterlopen in Vlaanderen wordt de Barbierbeek op basis van de structuurkenmerken en de waterkwaliteit beoordeeld en aangewezen als een waterloop Type I 1.2, een beek van de Vlaamse zand-, zandleem- en leemstreek. Ook hier wordt de vallei op grond van de structuurkenmerken als zeer waardevol gekarteerd (figuur 3.1).

BEKEN

1. Veldwaarnemingen

De beoordeling steunt op :

- * het meanderend patroon
- * het stroom-kulpenpatroon
- * de aan- of afwezigheid van holle oevers

KLEURCODE

BEOORDELING



- zeer waardevol
- waardevol
- matig
- zwak
- zeer zwak

2. Analyse van de luchtfoto's

De beoordeling steunt op :

- * het meanderend patroon

KLEURCODE

BEOORDELING



- zeer waardevol
- waardevol
- matig
- zwak
- zeer zwak

POLDERWATERLOPEN

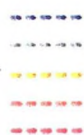
1. Veldwaarnemingen

De beoordeling steunt op :

- * aan- of afwezigheid oeverversteviging
- * abiotische variatie
- * type van oeverversteviging
 - doorgroeibaar of niet doorgroeibaar
 - overgroeid of niet overgroeid

KLEURCODE

BEOORDELING



- zeer waardevol
- waardevol
- matig
- zwak
- zeer zwak

TIJGEBONDEN RIVIEREN

1. Veldwaarnemingen

De beoordeling steunt op :

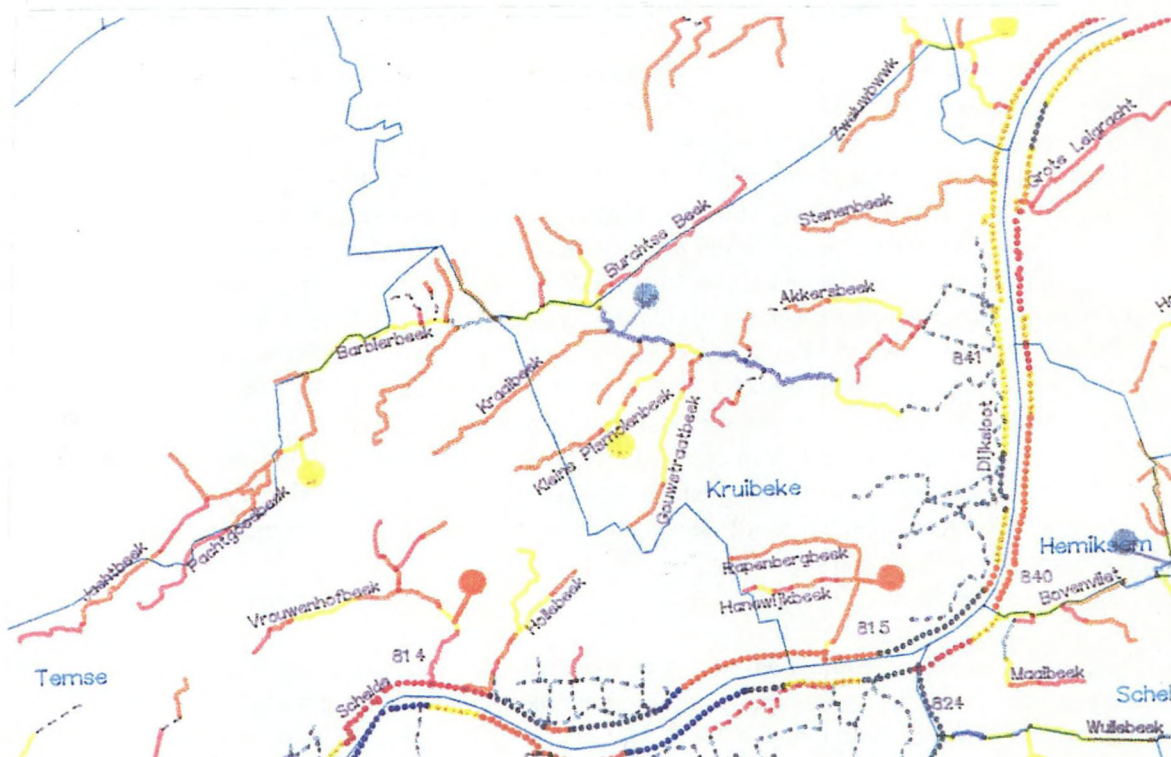
- * grootte van de slikken en/of schorren
- * aan- of afwezigheid oeverversteviging
- * type dijkerversteviging

KLEURCODE

BEOORDELING



- zeer waardevol
- waardevol
- matig
- zwak
- zeer zwak



Figuur 3.1: Uittreksel van het overzicht van de structuurkenmerken in de Beneden - Zeeschelde, het stroomgebied van de Barbierbeek. bron: Nagels et. al., 1993

Het benedenstroomse gedeelte van de Barbierbeek, stroomafwaarts Bazel, ligt binnen de polders volledig ingedijkt. Algemeen kan gesteld worden dat de polders in de 13^e eeuw reeds ingedijkt waren. De grootste ramp die de polders trof, was de overstroming van begin maart 1715. Hierbij ontstonden de drie kreen: de Bazelse Kreek, de Kruibeekse Kreek en de Rupelmondse Kreek (figuur 6). In 1718 waren de polders weer opnieuw ingedijkt. Het is goed mogelijk dat vanaf dit jaartal de Barbierbeek en de Kruibeekse Kreek ingedijkt zijn.

Tegenwoordig vormen deze samen een van de natuurgebieden in de polders. Op de kadasterkaarten staan de ingedijkte stukken grond in de Barbierbeek weergegeven; de begroeiing op de dijken wordt op de Biologische Waarderings Kaart (BWK) aangeduid. Op de geactualiseerde BWK van 1995 (anoniem, 1995) is er sprake van dijken met populieren bomenrijen en nitrofiel alluviaal elzenbos, wat als biologisch zeer waardevol wordt gekarteerd. De gronden rond de beek tussen de dijken zijn geëvolueerd van vochtige graslanden (1804) naar bos (1992). Momenteel komen op de stukken grond rond de beek en de kreek enkele weilandcomplexen met veel sloten voor. Tevens zeer soortenarm grasland dat kort gehouden wordt met een maaibeheer en bomenrijen van hoofdzakelijk aangeplante canadapopulieren (Martens, 1994). Voor een gedetailleerde beschrijving van de vegetatie op deze gronden wordt verwezen naar hoofdstuk 9.

In tabel 3.1 worden enkele karakteristieken vermeld van de Barbierbeek en de Kruibeekse kreek binnen het geplande GOG zoals die in de huidige situatie zich voordoen (figuur 6).

	Barbierbeek	Kruibeekse kreek
lengte (m)	1000	550
breedte (m)	4 - 4,5	60 - 75 m
bodempeil (m TAW)	1,2	onbekend *
oppervlakte (m ²)	-	52.000
(*)mond. med. inwoner van Bazel: ongeveer 0,5 m diep t.o.v. gemiddelde waterstand		

Tabel 3.1: Karakteristieken van de Barbierbeek en de Kruibeekse kreek in het GOG-KBR

In de huidige situatie heeft de beek, onder normale omstandigheden, nauwelijks invloed op de oppervlaktewaterhuishouding van de polders. Via de Heirbeeksluis loost de beek gravitair op de Schelde. De Kruibeekse kreek vervult samen met de omliggende oevergronden binnen de dijken de functie van overstromingsgebied en wachtbekken van de Barbierbeek (anoniem, 1993). Berekeningen hebben aangetoond dat de afgelopen 30 jaren in de Barbierbeek topdebieten van 3 tot 5 m³/s zijn opgetreden. Bij een hoog debiet van de beek, kan het water binnen dit wachtbekken oplopen tot aan de kruin van de dijken op 4 m TAW. Over mogelijk voorgekomen topdebieten en de gemiddelde hoeveelheden water die de Barbierbeek afvoert, wordt nader ingegaan in hoofdstuk 6.

De waterkwaliteit van de Barbierbeek voldoet over het algemeen niet aan de basisnorm voor oppervlaktewater. In de studie van Nagels et. al. (1993) wordt de gehele Barbierbeek als zwaar verontreinigd gekarteerd. In tabel 3.2 staan de bij deze kartering geldende klassewaarden.

Zwaar verontreinigd		
B.I.	C.I. (mg O ₂ /l)	BZV - max (mg O ₂ /l)
1- 2	13,6 tot > 15	> 15

Tabel 3.2: Waterkwaliteit beoordeling volgens Nagels et. al. (1993).

In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de waterkwaliteit van de Barbierbeek.

4. Gecontroleerd Overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

4.1 Inleiding

Principe van Gecontroleerde OverstromingsGebieden

Een GOG is een onbewoond gebied dat langs een getijdennrivier gelegen is, waarbij de rivierdijk een overlooppdijk is en waarbij het overstromingsgebied door een ringdijk wordt omsloten. Tijdens normale situaties vervult de overlooppdijk de waterkerende functie. Tijdens een stormtij overstroomt echter de overlooppdijk, waardoor het vloedwater uit de rivier wordt opgevangen in het GOG. Hierdoor wordt de hoogte van de stormgolf verlaagd, waardoor stroomopwaarts met lagere waterkeringen kan worden volstaan om eenzelfde veiligheidsniveau te bereiken. De waterkerende functie tijdens een stormtij wordt overgenomen door de ringdijk die het GOG omsluit (Vanwijck, zonder jaar).

Er zijn in totaal 13 GOG's langs de Zeeschelde voorzien waarvan er reeds 12 zijn uitgevoerd, in bijlage 1 staan de karakteristieken van deze GOG's. Bijlage 2 geeft een kaartje met de situering van de GOG's, inclusief het GOG-KBR (Vanwijck, zonder jaar).

Uitvoering

De Afdeling Zeeschelde van AWZ is verantwoordelijk voor de planning en uitvoering van de Sigmawerken, zo ook van het GOG-KBR. Het eerste plan voor het GOG-KBR, opgesteld in 1984, voorziet in overlooppdijken met een kruinhoogte van 6,80 m TAW voor de polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde en een ringdijk van 8,35 m TAW en twee compartimenteringsdijken van 5,50 m TAW. De Barbierbeek werd door middel van 8,35 m TAW hoge dijken buiten het GOG gelaten (figuur 9). Sindsdien is dit basisontwerp aangepast tot een ontwerp dat uiteindelijk in de MER (Milieu Effect Rapportage) is beschouwd (figuur 2). Belangrijke verschillen met het basisontwerp zijn:

- Een nieuwe polder is aan het GOG toegevoegd, deze is gelegen ten noorden van de polder van Kruibeke.
- De Barbierbeek is in het GOG opgenomen.

Indeukingseffect

Naar het indeukingseffect van GOG's in het algemeen en het GOG-KBR in het bijzonder is een uitgebreide hydrologische studie gedaan, de resultaten hiervan worden weergegeven in bijlage 3. Hieruit blijkt dat door aanleg van het GOG-KBR in combinatie met de 12 reeds aangelegde GOG's, een hoogwater van 7,85 m TAW te Antwerpen (retourperiode van 78 jaar) gekeerd kan worden, waarbij er tevens een waakhogte van 0,50 m tot aan de dijk kruin is. Als het water ten hoogste gelijk met de kruin van de dijk staat, kan een hoogwater van 8,25 m TAW te Antwerpen (retourperiode 400 jaar) gekeerd worden. Ter vergelijking: zonder GOG's zou een hoogwater van 7,10 m TAW (terugkeerperiode 3,6 jaar) met een waakhogte van 0,50 m te Antwerpen gekeerd worden, zonder waakhogte kan een hoogwater van 7,58 m TAW gekeerd worden (terugkeerperiode 25 jaar) (Vanwijck, zonder jaar).

Inrichting

De polders die reeds als GOG zijn ingericht, hadden voor de inrichting als GOG de functie landbouw, deze functie is ook na de realisatie van het GOG behouden gebleven. De verwachting is dat overstromingen van het GOG vooral in de winter plaatsvinden, de schade aan de landbouw zou hierdoor te verwaarlozen zijn.

In het kader van AMIS is het idee gevormd om in het GOG-KBR de landbouwfunctie te laten vervallen en een natuurfunctie toe te kennen. Daarom worden in de MER-studie 2 inrichtingsvarianten onderzocht:

- De eerste inrichtingsvariant omvat het voortzetten van de huidige gebruiksfunctie.
- De tweede omvat een inrichtingsvariant met als hoofdfunctie natuur. Een mogelijkheid is het toe laten van een Gecontroleerd Gereduceerd Getij, dit zal hieronder verder worden toegelicht. Een andere mogelijkheid is het vergroten van het invloedsgebied van de Barbierbeek, dit wordt in hoofdstuk 11 en 12 toegelicht.

4.2 Gecontroleerd Gereduceerd Getij

4.2.1 Principe

Het Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GGG) is een inrichtingsvariant van het GOG-KBR met een natuurfunctie. In de overlooppolder worden uitwateringssluizen voorzien om de polder na een overstroming weer leeg te laten lopen. Deze uitwateringssluizen kunnen worden gebruikt om, onder invloed van het getij op de Schelde, water in en uit het GOG te laten; het GGG. Het GGG moet zo worden ingesteld dat het getij op de buitendijkse schorren zo dicht mogelijk benaderd wordt. De ontwikkeling van typische schorvegetatie in het GOG kan dan worden verwacht. Dit houdt in dat er elke getijdencyclus een periode moet zijn dat het GOG geheel ontwaterd is. Als gevolg van het hoogteverloop in het gebied, ten westen van de donk in de polder van Bazel en in de gehele polder van Rupelmonde, is het niet mogelijk deze polders, met behulp van de geplande uitwateringssluizen, elke getijdencyclus geheel te ontwateren. Tevens hebben deze gebieden een andere natuurpotentie die verder benut kan worden. Ze worden namelijk gevoed door kwelwater dat vanaf de kuststarug komt. Het GGG kan daarom alleen worden ingesteld in de polder van Kruibeke en het deel van de polder van Bazel dat ten oosten van de donk ligt (figuur 10).

Duidelijk moet worden gesteld dat het GOG er is om de veiligheid van het achterland van de Schelde te waarborgen. Om het bergend vermogen van het GOG ten volle te kunnen benutten tijdens een stormtij, moet het GOG in één getijdencyclus geheel ontwaterd kunnen worden. Het GGG is een mogelijke inrichting van het gebied om in het GOG aan natuurontwikkeling te doen. Het GGG mag echter geen enkele negatieve invloed op de veiligheidsfunctie van het GOG hebben.

In het begrip Gecontroleerd Gereduceerd Getij slaat *Gecontroleerd* op het feit dat het getij in de polder gecontroleerd kan worden door sluisen. Elke getijdencyclus moet het gebied dat onder invloed staat van GGG geheel kunnen ontwateren, dit omwille van de twee reeds genoemde redenen, hierdoor wordt de hoeveelheid water die ingelaten mag worden beperkt. Dit heeft tot gevolg dat de getijamplitude in het gebied onder invloed van GGG *gereduceerd* moet worden. *Gereduceerd* slaat dus op het reduceren van de getijamplitude van gemiddeld 5,28 m buitendijks tot een getijamplitude van gemiddeld 0,25 m - 0,50 m in het GOG. Bij deze getijamplitude kan het gebied onder invloed van GGG ontwaterd worden in één getijdencyclus (Hennissen, 1998).

4.2.2 Streefbeeld

Eens gerealiseerd kan het volgende streefbeeld verkregen worden:

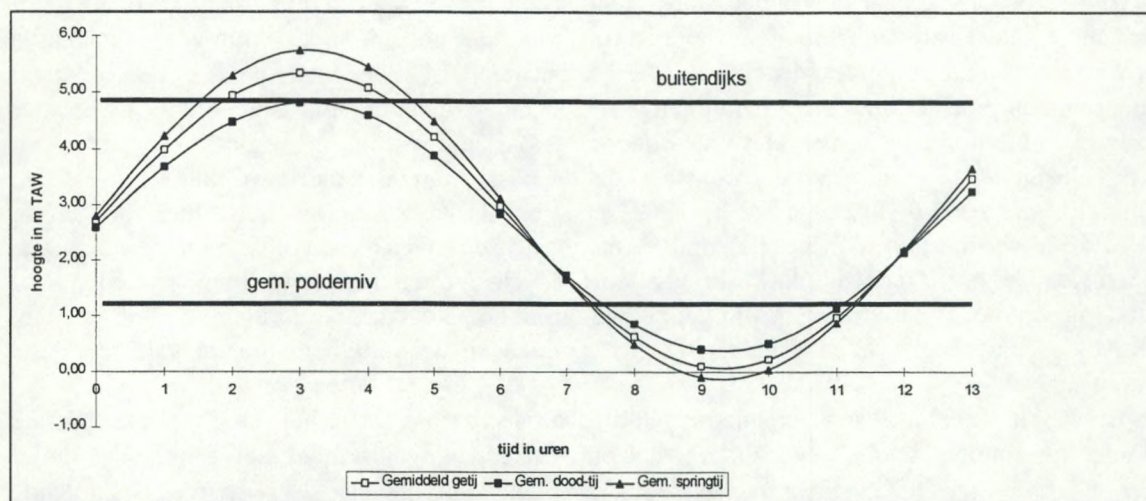
In het gebied ontstaat een krekensysteem dat van slikken overgaat naar schorren. De slikken fungeren als foerageergebied voor de steltlopers en eenden en zijn een groeiplaats van driekantige bies en zeebies. Op de schorren bestaat de vegetatie vooral uit riet met in de hogere delen struikwilg. Het riet is een ideale broedplaats voor de blauwborst en de rietzanger en het wordt begraasd door ganzen en eenden. In het gebied worden herbivoren uitgezet die voor een natuurlijke begrazing van het gebied zorgen, waardoor het landschap een zeer afwisselend aanzicht krijgt. In aanmerking komen reeën, wilde paarden, runderen en everzwijnen. Het gebied is in principe geheel toegankelijk voor recreanten, ook buiten de paden. Moeilijk begaanbare plaatsen als gevolg van vegetatie en geulen zorgen dat er voldoende rustgebied overblijft. De herbivoren zorgen voor het openhouden van paden en weides, kortom een natuurlijke infrastructuur (anoniem, 1997).

4.2.3 Technische realisatie

Het gebied dat onder invloed van GGG moet komen te staan ligt ten opzichte van het getij op de Schelde en de buitendijkse schorren laag (figuur 4.1). Het GGG moet, omwille van bedrijfszekerheid en minimalisering van de onderhouds- en bedieningskosten, mechanisch werken. De vereiste mechanische werking van het GGG heeft tot gevolg dat water de polder ingelaten kan worden als het waterniveau in de Schelde hoger staat dan dat in de polder. Als het water in de polder hoger staat dan in de Schelde kan er water uitgelaten worden. Uit figuur 4.1 blijkt dat de periode dat er water kan worden ingelaten veel langer is dan de periode dat er water kan worden uitgelaten. Het wordt hierdoor moeilijk om de getijdenbeweging op de buitendijkse schorren te benaderen.

Voor dit probleem zijn twee mogelijke oplossingen opgesteld, namelijk:

- Er kunnen aparte inwateringssluizen hoog in de overlooptdijk (bv. op 4,00 m TAW) worden gebouwd om zodoende de inlaattijd te verkorten of
- De sluisoppervlakte voor de inlaat moet kleiner zijn dan de sluisoppervlakte voor de uitstroom, hierdoor kan het verschil tussen in- en uitwateringsstijd worden gecompenseerd.



Figuur 4.1: Gemiddeld polderniveau in relatie tot de getijdenbeweging en de buitendijkse schorren

Uitwateringssluizen

Voor de polders van Kruibeke en van Bazel worden, binnen het kader van de aanleg van het GOG, elk 4 uitwateringssluizen voorzien. Figuur 11 geeft een schematische voorstelling van een uitwateringssluis gepland voor het GOG-KBR. Dit type uitwateringssluis is reeds functioneel in het GOG te Tielrode (figuur 12).

Inwateringssluizen

Een uitwateringssluis bestaat uit drie kokers, elke koker wordt afgesloten door 4 afzonderlijke kleppen (figuur 11). Door een of meerdere kleppen met behulp van een ketting artificieel open te zetten (figuur 11) kan er, bij een hogere waterstand in de Schelde, water de polder ingelaten worden. Het aantal kleppen dat wordt opengezet en de hoogte van deze kleppen in de overlooptdijk bepalen het volume water dat wordt ingelaten. Bij dreiging van een storm kunnen de kleppen worden gesloten, zodat het volledig bergend vermogen van de polder kan worden gebruikt. Als er aparte inwateringssluizen worden gebouwd bepaalt de drempelhoogte van de sluisen en de oppervlakte het volume water dat binnenkomt. Uitwateringssluizen laten water uit als de waterstand in de polder hoger is dan in de Schelde. Dit geldt ook voor de kleppen die eventueel open gezet zijn ten behoeve van de inlaat van water. De totale oppervlakte aan uitwateringssluizen dat wordt gebouwd zal dan ook voor de uitwatering werkzaam zijn.

Kwaliteit en kwantiteit van de Barbierbeek

In dit deel staan de uitwerkingen van twee deelstudies naar de Barbierbeek, die van essentieel belang zijn voor de totale studie.

Kwaliteit van de Barbierbeek

Dit is een zeer belangrijke factor naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in het GOG, onder invloed van de Barbierbeek. Op dit moment is de kwaliteit van de Barbierbeek dermate slecht dat, het water van de Barbierbeek natuurontwikkeling in de weg staat.

In hoofdstuk 5, wordt vermeld wat de belangrijkste vervuilingsbronnen van de Barbierbeek zijn. Daarnaast wordt aangegeven welke plannen er momenteel bestaan om de waterkwaliteit van de Barbierbeek te verbeteren en welke aanvullende maatregelen er genomen moeten worden om ervoor te zorgen dat de kwaliteit van de Barbierbeek niet langer een hypotheek legt op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling binnen het GOG, onder invloed van de Barbierbeek.

Kwantiteit van de Barbierbeek

Ook de waterkwantiteit is in dit onderzoek een essentiële factor, want er moeten onder andere wachtbekkens worden gedimensioneerd en pompcapaciteiten worden berekend. Over de waterkwaliteit van de Barbierbeek is redelijk volledige informatie beschikbaar. Over de waterkwantiteit echter is eigenlijk alleen maar bekend dat hoge afvoeren, periodiek voor wateroverlast zorgen voor een klein deel van de woonkern van Bazel en voor een deel van de polders van Kruibeke en Bazel. Bij aanvang van deze studie was er echter niets over de precieze debieten, stroomsnelheden enz. bekend. In hoofdstuk 6 zullen er op statistische basis toch uitspraken gedaan kunnen worden, die voor de rest van het onderzoek van wezenlijk belang zijn.

5. Waterkwaliteit van de Barbierbeek

5.1 Inleiding

Volgens recente plannen wordt de benedenloop van de Barbierbeek ingepast in het GOG-KBR en niet bedijkt tussen 8,35 m TAW hoge dijken. Een in het GOG-KBR ingepaste Barbierbeek kan een bijdrage leveren aan natuurontwikkeling in de polder onder invloed van een dynamische beek. Het probleem hierbij is echter dat de waterkwaliteit van de Barbierbeek ter hoogte van het geplande GOG-KBR slecht is. Zo wordt de beek gekarakteriseerd als zwaar tot zeer zwaar verontreinigd (anoniem, 1995), is er regelmatig sprake van situaties met zuurstofloosheid (anoniem, 1993), is bij een visbestandsopname van 18 en 19 juni 1996 geen enkele vissoort aangetroffen (Van Thuyne *et al*, 1997) en is met een biotische index van 0 de Barbierbeek bij het lozingspunt op de Schelde biologisch dood (anoniem, 1995 (b)). Natuurontwikkeling in het GOG-KBR met daarin een rol voor de Barbierbeek is slechts effectief wanneer de waterkwaliteit van de beek sterk verbeterd. Daarnaast heeft het meanderende verloop van met name het middelste deel van de beekloop hoge morfologische waarden, doordat de beek zich hier zonder grote menselijke ingrepen heeft kunnen ontwikkelen. Deze middenloop ligt niet in het geplande GOG, maar is gelegen tussen de rijksweg E17 en het geplande GOG. Dit soort beken met een nog vrij natuurlijke morfologie zijn in Vlaanderen zeldzaam geworden (Meirsmans De, 1992). Verbetering van de waterkwaliteit kan deze hoge morfologische waarden koppelen aan hogere biologische waarden waardoor het gehele gebied rond de middenloop ecologisch gezien meer waardevol wordt.

Ten eerste worden in dit hoofdstuk de resultaten van de inventarisatiefase weergegeven. Verder wordt aangegeven welke bronnen verantwoordelijk zijn voor de vervuiling van de Barbierbeek en welke plannen er reeds bestaan ter verbetering van de waterkwaliteit. Daarnaast wordt aangegeven welke aanvullende maatregelen er verder uitgevoerd kunnen worden zodat de waterkwaliteit van de Barbierbeek nog verder kan verbeteren.

5.2 Materiaal en methode

Het onderzoek naar de waterkwaliteit van de Barbierbeek is verdeeld in 5 fasen.

Fase 1: Inventarisatie van de waterkwaliteit van de Barbierbeek.

Doel van fase 1 is:

- Inventariseren van de bestaande waterkwaliteitsgegevens van de Barbierbeek;
- Evalueren van het verloop in waterkwaliteit over de loop van de Barbierbeek;
- Globaal aangeven van (mogelijke) oorzaken van de knelpunten in waterkwaliteit

Hiertoe is er contact geweest met:

- Vlaamse Milieumaatschappij (dhr. Verdievel), die verantwoordelijk zijn voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in Vlaanderen.
- Milieudiensten van de gemeenten Kruibeke (mevr. De Boosere), Beveren (dhr. De Witte), Temse (dhr. Eeckelaert) en St.-Niklaas (mevr. Michiels).
- Intercommunale Vereniging voor het Land van Waas (mevr. Drieghe), die de samenwerking coördineren en bevorderen tussen de verschillende gemeenten binnen het Land van Waas (waaronder Kruibeke, Beveren, Temse en St.-Niklaas) op onder andere het gebied van milieubeleid.
- Meetdienst van de milieudienst van de gemeente Beveren (dhr. De Witte), die de watermonsters analyseren die periodiek in opdracht van de Intercommunale Vereniging voor het Land van Waas worden genomen van het oppervlaktewater in het Land van Waas.

Voor de inventarisatie werd de volgende werkwijze gevolgd:

1. Verzamelen van waterkwaliteitsgegevens Barbierbeek, zoals verzameld door de Intercommunale Vereniging van het land van Waas. Deze vereniging is een intergemeentelijke organisatie die samenwerking o.a. op milieu- en natuurgebied tussen de verschillende gemeenten is het Waasland coördineert. Deze kwaliteitsgegevens zijn het resultaat van analyses uitgevoerd in het laboratorium van de Milieudienst gemeente Beveren. De kwaliteitsgegevens zijn de gegevens van 8 monsternames in de periode 14 juni 1994 tot en met 18 mei 1995 en 4 monsternames in de periode 10 juni 1996 tot en met 6 november 1996.
2. Verzamelen van waterkwaliteitsgegevens Barbierbeek, zoals verzameld door de Vlaamse MilieuMaatschappij (VMM). De VMM is onder andere verantwoordelijk voor het opzetten en exploiteren van meetnetten in Vlaanderen, het opstellen van vuilvrachtbalansen per stroombekken en het opstellen van een inventaris van de emissies van verontreinigende stoffen via afvalwaters of afvalwater van RWZI's. De analyses voor deze kwaliteitsgegevens worden uitgevoerd door het laboratorium van de VMM. Deze gegevens zijn het resultaat van 12 monsternames in de periode 27 januari tot en met 5 december 1995.
3. Verzamelen van de overige waterkwaliteitsgegevens van de Barbierbeek, verkregen uit andere dan bovengenoemde metingen.
4. Het bezoeken van de monsterpunten van de Milieudienst Beveren langs de Barbierbeek.
5. Het inventariseren van de verzamelde gegevens over de waterkwaliteit van de Barbierbeek, per plaats en over de tijd.
6. De gegevens uit de inventarisatie in een databank zetten en het produceren van figuren waaruit de ontwikkeling van de waterkwaliteit over de loop van de beek zichtbaar wordt.

Verder is gebruik gemaakt van de volgende literatuur:

(anoniem, 1995); (anoniem, 1993); (anoniem, 1992 (a)); (Van Thuyne *et al*, 1997)

Fase 2: Inventarisatie van de vervuilingsbronnen binnen het stroomgebied van de Barbierbeek.

Hiertoe is er contact geweest met:

Zie fase 1, met uitzondering van de meetdienst van de milieudienst van de gemeente Beveren.

Hiertoe is verder gebruik gemaakt van de volgende literatuur:

(anoniem, 1995 (b)); (anoniem, 1993); (anoniem, 1992 (a))

Fase 3: Inventarisatie naar de bestaande plannen voor verbetering van de waterkwaliteit van de Barbierbeek.

Hiertoe is contact geweest met:

- Zie fase 2.
- Studiebureau n.v. S.W.K (dhr. Colman), die in opdracht van de gemeenten Kruibeke, Beveren en Temse rioleringsplannen hebben opgesteld.
- Aquafin n.v. (dhr. Janssen), die verantwoordelijk zijn voor de aanleg van rioleringen en de bouw van rioolwaterzuiveringsinstallaties.
- Kippenslachterij Van Hoey (dhr. Van Hoey), industriële vervuiler van de Barbierbeek, die sinds maart 1996 zijn afvalwater zuivert.

Hiertoe is verder gebruik gemaakt van de volgende literatuur:

(anoniem, 1985); (anoniem, 1982); (anoniem, 1988); (anoniem, zonder jaar (a))

Fase 4: Inventarisatie van mogelijkheden voor kleinschalige biologische zuivering.

Hiertoe is er contact geweest met:

Ingenieursbureau Oranjewoud b.v. (mevr. Hengst, stagiair), die bezig zijn met een onderzoek naar de inzet van helofytenfilters voor de zuivering van oppervlaktewater.

Hiertoe is verder gebruik gemaakt van de volgende literatuur: (Lenssens, 1985), (Deventer Van, 1994), (Horan, 1990) en (Ridder De, 1996)

Fase 5: Formuleren van aanvullende maatregelen en bepalen van reducties in belastingen van de Barbierbeek.

Hierbij zijn een aantal aannames en berekeningen gemaakt, op basis van het volgende:

Bepaling van de begrenzing van het stroomgebied van de Barbierbeek

De begrenzing van het stroomgebied, zoals het in dit hoofdstuk is gebruikt, is gebaseerd op de door de VMM (anoniem, 1992) en de TRP-plannen (anoniem, 1982); (anoniem, 1985); (anoniem, 1988) aangegeven hydrologische subbekkens. Het blijkt in de praktijk moeilijk om de grens van een stroomgebied precies te bepalen, omdat naast oppervlaktewater ook grondwater zeer bepalend is voor de grootte van een stroomgebied. Vooral de hydrologische grens van het grondwater is moeilijk te bepalen. Op sommige locaties werd de grens van het stroomgebied door beide informatiebronnen niet op dezelfde plaats gelegd. In deze gevallen is de grens gesteld op het midden van het verschil.

Bepaling van het aantal inwoners

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de bevolkingsgegevens verstrekt door de milieudiensten van de gemeenten Kruibeke, Beveren, Temse en St.-Niklaas en de informatie verstrekt door de Intercommunale Vereniging voor het Land van Waas. De opgegeven informatie betrof inwoneraantallen per gemeente, deelgemeente, wijk en in sommige gevallen per straat.

Het aangenomen stroomgebied van de Barbierbeek doorsnijdt sommige straten en wijken. In deze gevallen is geprobeerd een zo goed mogelijke schatting te maken van het aantal inwoners dat wel en niet binnen het stroomgebied woonachtig is. Daarnaast was er geen duidelijke informatie beschikbaar over het aantal inwoners van de verspreide bewoning, ook van deze aantallen zijn schattingen gemaakt. De schattingen zijn gebaseerd op stafkaarten (schaal 1 op 10000, jaar van uitgave 1984) van het betreffende gebied. Op de stafkaart zijn aantallen woningen geteld die vervolgens zijn vermenigvuldigd met 2,5 voor het aantal inwoners voor die woningen. Er is gerekend met 2,5 inwoners per woning, omdat dit het gemiddelde is dat door de Intercommunale Vereniging voor het land van Waas is opgegeven voor het betreffende gebied.

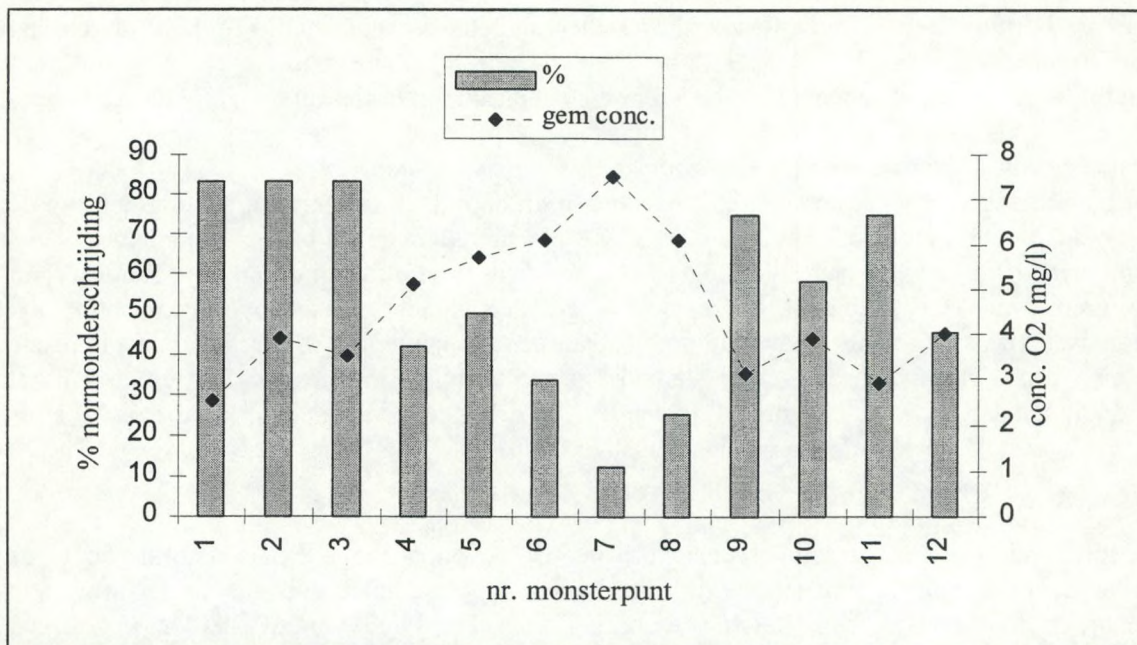
Bepalen van reducties in belasting Barbierbeek door industrieel afvalwater

De reductie in de belasting van de Barbierbeek door industrieel afvalwater is geschat in samenspraak met dhr. Colman (studiebureau S.W.K) en is gebaseerd op het percentage van bedrijven die volgens de geplande rioleringsplannen op de riolering worden aangesloten. Dit aantal bedraagt naar schatting ruim 90% van het totaal aan bedrijven in het stroomgebied van de Barbierbeek, hetgeen een verwachte reductie in belasting van de Barbierbeek door afvalwater geeft van ca. 90%.

5.3 Inventarisatie van de waterkwaliteit

In dit hoofdstuk volgt per parameter (O_2 , COD, NH_4^+ en totaal P) een evaluatie van de waterkwaliteit over de beekloop. Een beschrijving van de monsterpunten is opgenomen in bijlage 4. Voor de parameter behandeld wordt, zal eerst een figuur worden getoond met daarin het verloop van die parameter. De figuur is een samengestelde grafiek voor het verloop van het percentage waarnemingen, per punt, dat niet aan de norm voor basiskwaliteit en de gemiddelde concentratie, per punt, die van de betreffende parameter wordt aangetroffen. De norm voor de basiswaterkwaliteit is opgenomen in bijlage 4. De staven geven de normoverschrijding weer en de stippen geven de gemiddelde concentratie weer. De lijn tussen de punten die de concentraties weergeeft is gestippeld omdat het niet bekend is hoe het verloop in concentratie

tussen deze punten plaatsvindt. Er is echter toch een stippellijn aangegeven omdat zodoende het globale verloop beter zichtbaar is.



Figuur 5.1: Verloop normonderschrijding en zuurstofconcentratie.

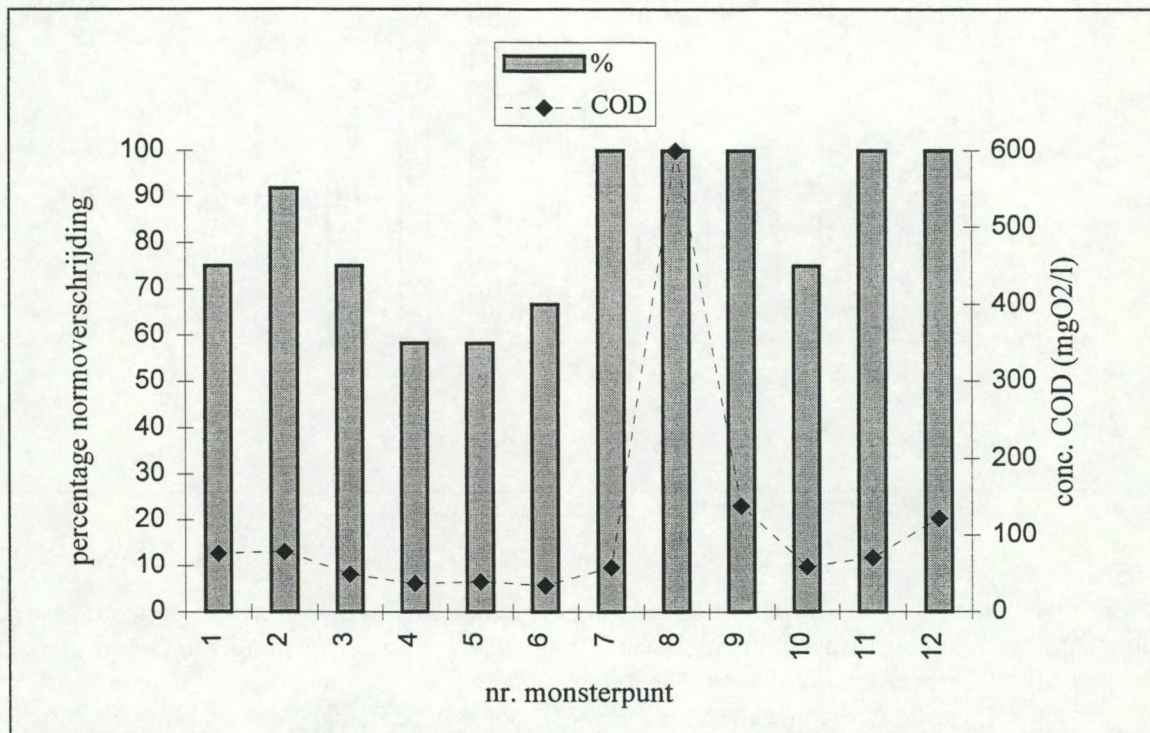
Zuurstof

In de eerste drie monsterpunten wordt in 83,3% van de gevallen niet voldaan aan de norm voor basiskwaliteit. Als in deze punten naar de gemiddelde concentratie aan zuurstof wordt gekeken, blijkt dat in monsterpunt 1 de gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof iets onder de 3 mgO₂/l ligt, dit is naar punt 2 toe gestegen tot boven de 4 mgO₂/l om vervolgens weer iets te dalen tot zo'n 4 mgO₂/l. Het probleem in de zuurstofhuishouding kan veroorzaakt worden door het lozen van huishoudelijk afvalwater van huishoudens die nog niet op het rioleringsnet zijn aangesloten, maar ook het bedrijfsterrein bij monsterpunt 2, waar olieachtige stoffen op het water liggen, zal waarschijnlijk een rol in de problemen spelen.

Tussen punt 3 en 4 tot en met punt 7 herstelt de kwaliteit van het water zich weer enigszins. Redelijk gelijkmatig stijgt de gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof van ca. 4 mgO₂/l naar ca. 7,5 mgO₂/l. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het hier gaat om gemiddelde concentraties en dat er zich in al deze punten nog steeds situaties voordoen waarin de norm voor basiskwaliteit niet wordt gehaald. In punt 7 wordt in 12,5% van de gevallen niet voldaan aan de norm voor basiskwaliteit. Vermoedelijk verbetert de waterkwaliteit wat betreft opgeloste zuurstof zich in dit traject door een verminderde belasting met organisch materiaal (dit wordt niet tegengesproken door het verloop van COD). Daarnaast zijn er verschillende duikers in dit beektraject opgenomen. Ter hoogte van deze duikers is het water meer turbulent waardoor mogelijk beluchting optreedt.

Tussen monsterpunten 7 en 8 begint de concentratie aan opgeloste zuurstof sterk te dalen en dit blijft dalen tot punt 9. In dit traject vermindert de gemiddelde concentratie van ca. 7,5 mgO₂/l in punt 7 naar ca. 3 mgO₂/l in punt 9. Ook het percentage van de geanalyseerde monsters die de norm voor basiskwaliteit niet halen stijgt in dit traject sterk. Van 12,5% in punt 7 naar 75% in punt 9. Een reden voor deze afname in opgelost zuurstof is waarschijnlijk de kippenslachterij Van Hoey, tussen de monsterpunten 7 en 8 bevindt zich het lozingspunt van deze slachterij. Ten gevolge van deze lozingen zal de belasting met organisch materiaal op dit punt groot zijn (dit is ook af te leiden aan het verloop van COD). De biologische afbraak van deze organische belasting vraagt zoveel zuurstof dat er regelmatig situaties van absolute zuurstofloosheid optreden.

Tussen de punten 9 en 10 stabiliseert de hoeveelheid opgeloste zuurstof en is er zelfs sprake van een lichte verbetering (van een gemiddelde concentratie van ca. 3 mgO₂/l naar een gemiddelde concentratie van ca. 4 mgO₂/l). Opgemerkt moet worden dat de afstand tussen deze twee punten zo'n 5 kilometer is en er geen informatie is over het verloop van de concentratie opgeloste zuurstof tussen deze twee punten. Bij monsterpunt 11 is de gemiddelde concentratie weer wat gezakt naar ca. 3 mgO₂/l om naar punt 11 toe weer iets te herstellen naar ca. 4 mgO₂/l. Het gaat hier echter om gemiddelde concentraties, er treden in de punten 9 tot en met 12 toch met enige regelmaat situaties op van absolute of bijna zuurstofloosheid (0,2 mgO₂/l) op. Het percentage van de waarnemingen in deze punten die de norm voor basiskwaliteit niet halen fluctueert in dit traject tussen de 75% en de 45%.



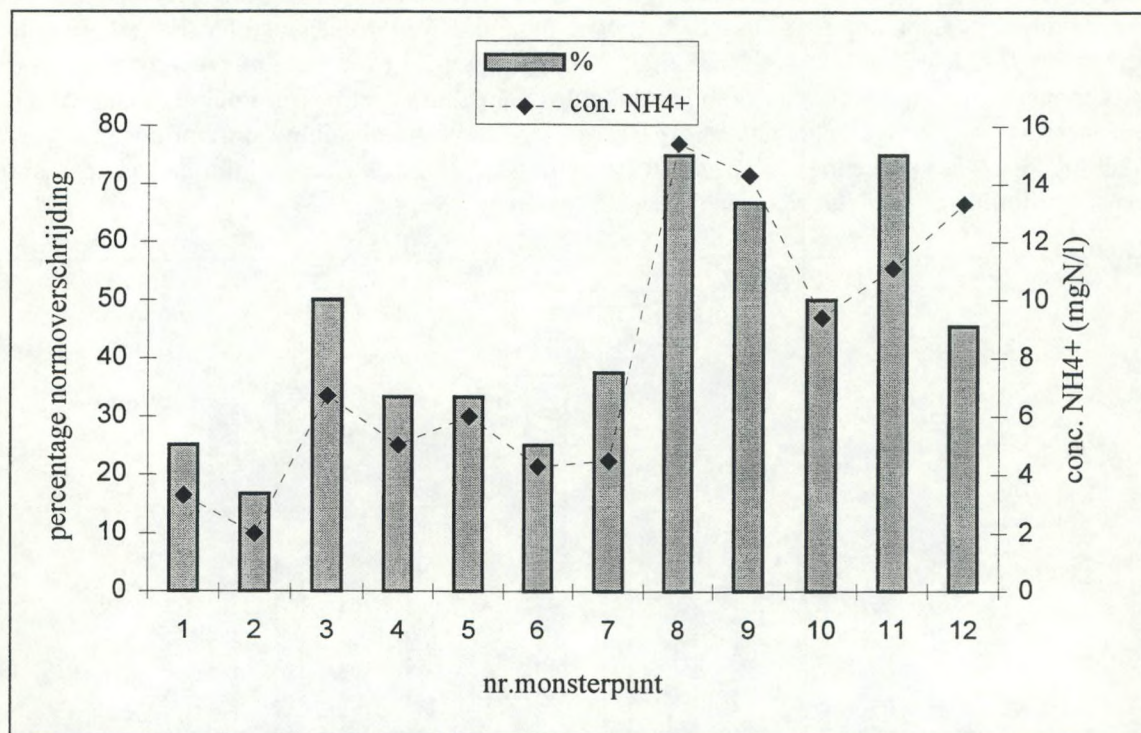
Figuur 5.2: Verloop normoverschrijding en concentratie COD

COD (Chemisch Zuurstof Verbruik)

Het beeld voor het concentratieverloop bij de COD is wat eenvoudiger te beschrijven. Bij de eerste twee monsterpunten is de gemiddelde concentratie aan COD ca. 75 mgO₂/l dat daalt naar punt 3 tot ca. 55 mgO₂/l en dat blijft zo tot punt 6. Zoals bij de beschrijving van het verloop in zuurstof ook al is gezegd, bestaat het vermoeden dat er in het eerste deel van de beek, organisch materiaal van huishoudelijke herkomst wordt geloosd. Vanaf het moment dat de organische belasting afneemt zal ook de COD afnemen. In punt 7 is de gemiddelde concentratie heel licht opgelopen. Tussen punt 7 en 8 stijgt de gemiddelde concentratie explosief van 58 mgO₂/l in punt 7 tot ca. 600 mgO₂/l in punt 8 (éénmalig zelfs een COD van 7490 mgO₂/l waargenomen!). Na punt 8 daalt de gemiddelde concentratie aan COD weer sterk tot ca. 138 mgO₂/l in punt 9 en ca. 58 mgO₂/l in punt 10 en 11. Naar punt 12 toe is er weer een stijging in de COD te zien tot ca. 122 mgO₂/l. Tussen de monsterpunten 7 en 8 is het lozingspunt van de kippen-slachterij Van Hoey gelegen. De explosieve toename van de COD tussen deze twee punten is vermoedelijk aan deze lozingen te wijten.

Als men naar het percentage waarnemingen boven de norm voor basiskwaliteit kijkt, blijkt dat in de laatste 7,5 kilometer van de Barbierbeek (vanaf punt 7) geen monsters zijn genomen, waarbij het water aan de norm voor basiskwaliteit voldoet. Met uitzondering van punt 10. Dit punt is slechts 4 maal bemonsterd en van deze waarnemingen was er een waarneming die net aan de norm voldoet. Het eerste deel van de Barbierbeekloop (monsterpunt nummers 1, 2 en 3)

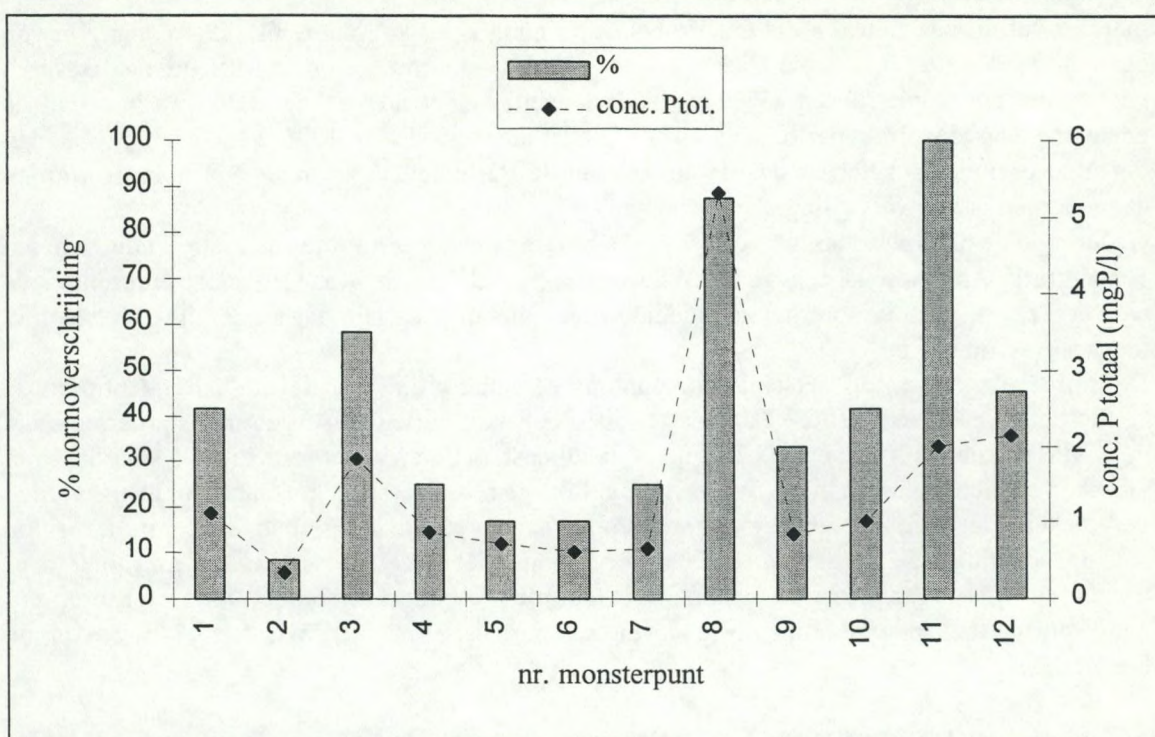
schommelt het percentage normoverschrijding tussen de 75 en de 92%. In de punten 4 en 5 neemt dit percentage iets af (37%) en het wordt naar punt 6 toe weer iets hoger (66,7%). Na dit punt 6 stijgt het overschrijdingspercentage door naar 100%.



Figuur 5.3: Verloop normoverschrijding en concentratie ammonium

Ammonium

In de meetpunten 1 en 2 worden de laagste concentraties aan NH_4^+ gemeten, de gemiddelde concentraties zijn hier respectievelijk 3,3 en 2,0 mgN/l en de overschrijding van de norm voor basiskwaliteit respectievelijk 25 en 16,7%. In punt 3 is een duidelijke toename van de concentratie (gemiddelde concentratie 6,7 mgN/l), ook het percentage dat de norm niet haalt stijgt hier naar 50%. In dit traject is er veel agrarische activiteit en mogelijk is de stijging in NH_4^+ aan deze activiteiten te wijten. Tussen de monsterpunten 4 tot en met 7 fluctueert het percentage dat niet aan de norm voldoet tussen de 37,5 en de 25%. Naar punt 7 toe is de gemiddelde concentratie gedaald tot 4,5 mgN/l. Tussen punt 7 en 8 neemt de concentratie aan NH_4^+ in het water sterk toe tot 15,4 mgN/l. Het overschrijdingspercentage ligt hier op 75%. Ook in punt 8 is de concentratie NH_4^+ en het overschrijdingspercentage nog hoog. Ook hier is een belangrijke factor waarschijnlijk de lozingen van Van Hoey. Naar punt 9 toe is er sprake van een lichte afname van de concentratie (gemiddelde 9,4 mgN/l) en het overschrijdingspercentage (50%). Na punt 10 stijgt de concentratie weer tot een gemiddelde van 13,3 mgN/l in punt 12. Opvallend hierbij is wel dat het overschrijdingspercentage in dit punt relatief laag is (45,5%).



Figuur 5.4: Verloop normoverschrijding en concentratie P totaal.

Totaal fosfor

Het verloop van de concentratie aan P totaal en het overschrijdingspercentage is vrij grillig. In punt 1 is er een gemiddelde concentratie van 1,12 mgP/l, bijbehorende overschrijdingspercentage is 42%. Dan is er een behoorlijke daling naar punt 2 toe in zowel concentratie als in overschrijdingspercentage (resp. 0,34 mgP/l en 8 %). Dit loopt weer sterk op naar punt 3 toe (1,82 mgP/l en 58%). Na punt 3 daalt de concentratie tot 0,65 mgP/l gemiddeld. In dit traject fluctueert het overschrijdingspercentage tussen de 25 en de 17%. Naar punt 8 toe is er een zeer sterke stijging (gemiddelde conc. 5,3 mgP/l en 87,5% voldoet niet aan de norm), om naar punt 9 toe weer sterk te dalen (0,83 mgP/l en 33,3%). In punt 10 is er weer sprake van een toename tot een gemiddelde concentratie van ca. 2 mgP/l die ook gehandhaafd blijft in punt 12. Opvallend is dat punt 11 en 12 ongeveer dezelfde concentratie aan P totaal hebben, maar dat het overschrijdingspercentage sterk verschilt. In punt 11 is dat 100% en punt 12 is dat 46%. Ook wat betreft P totaal is het niet uitgesloten dat de hoge concentraties worden veroorzaakt door Van Hoey, daarnaast spelen waarschijnlijk ook agrarische activiteiten en lozingen van huishoudelijk afvalwater een rol.

Conclusie

De waterkwaliteit voldoet over de gehele loop van de Barbierbeek niet aan de normen voor basiskwaliteit. De grootste vervuillingsbron is waarschijnlijk de kippenslachterij Van Hoey. Naast de belasting door Van Hoey, wordt de waterkwaliteit van de Barbierbeek ook negatief beïnvloed door lozingen van huishoudelijk afvalwater, huishoudens die nog niet op het rioleringsnet zijn aangesloten, kleine industriële lozingen en runoff uit de landbouw.

Kritische beschouwing

De evaluatie is verricht aan de hand van meetgegevens van periodiek genomen monsters. Het nadeel van periodiek genomen monsters is dat het een momentopname betreft. Bij bestudering van de gegevens kwam een enkele keer een waarde voor die veel hoger of lager was dan de andere waarden. Doordat het hier ging om een momentopname kan niet gezegd worden of hier sprake is van een incident, of dat de waarde representatief is. Daarnaast wordt er bij de waarden geen rekening gehouden met de debieten van de Barbierbeek. Een hoge concentratie hoeft dus

niet per definitie te beteken dat ook de belasting hoog is, er kan namelijk ook sprake zijn van een lage afvoer van de Barbierbeek. De meetgegevens verstrekt door de Milieudienst Beveren van de periode zomer/herfst 1996 geven een negatiever beeld van de waterkwaliteit dan de gegevens van dezelfde periode in 1994. Omdat de periode in 1996 veel droger was dan dezelfde periode in 1994 en dus de afvoer van de Barbieren lager, mag niet zomaar worden aangenomen dat de vervuiling is toegenomen.

Gedurende de meetperioden was er per punt vaak sprake van een grote fluctuatie in de gemeten concentraties, hiervan is een gemiddelde berekend. Als bij de waarden niet representatieve waarden zaten, kan hierdoor het gemiddelde zodanig beïnvloed zijn dat dit gemiddelde ook niet meer representatief is.

De monsternamen van de verschillende punten heeft niet altijd met dezelfde frequentie en de zelfde datum plaatsgevonden. Daarnaast zijn er ook verschillen tussen de monsterperiode van de VMM en de monsterperiode van de Milieudienst Beveren. Hierdoor zijn er waarden met elkaar vergeleken die zuiver wetenschappelijk gezien niet met elkaar mochten worden vergeleken. Het ging in deze studie echter om het aangeven van het globale concentratieverloop van de verschillende parameters over de beekloop. Met andere woorden het ging hier over trends en niet over precieze cijfers. Zo kan de gebruikte methode, alhoewel niet erg nauwkeurig, toch een redelijk beeld geven van het verloop van de waterkwaliteit over de Barbierbeek.

5.4 Vervuilingsbronnen

Bovenstaande laat zien dat over vrijwel de gehele loop van de Barbierbeek het water niet voldoet aan de norm die gesteld wordt aan basiskwaliteit voor oppervlaktewater zoals genoemd in de VLAREM-II wetgeving (bijlage 4). In bijlage 4 staan tevens enkele waterkwaliteitsgegevens van een monsterpunt gelegen juist voordat de Barbierbeek het geplande GOG-KBR binnenstroomt en een monsterpunt in de Kruibeekse Kreek. Deze zijn in het kader van deze studie nog eens uitgelicht.

Als vervuilingsbronnen langs de Barbierbeek worden gesteld: huishoudelijk afvalwater van huishoudens die niet op het rioleringsnet zijn aangesloten, industrieel afvalwater en uitspoeling van nutriënten uit de landbouw. Hier moet verder nog aan toegevoegd worden: spoelwater van stallen en giertanken en illegale lozingen van mest (anoniem, 1992 (b)).

Onderstaand zal per bron (huishoudelijk, industrieel en agrarisch) dieper worden ingegaan op de mate van vervuiling.

5.4.1 Huishoudelijk afvalwater

Binnen het stroomgebied van de Barbierbeek is geen kollektorennet aanwezig dat het huishoudelijk afvalwater naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) leidt. Het huishoudelijk afvalwater wordt via een afvoerbuis op de dichtstbijzijnde waterloop geloosd. Hierdoor komt al het huishoudelijk afvalwater direct of indirect (via grachten of zijbeken) in de Barbierbeek terecht. Uitzondering hierop is de gemeente Sint-Niklaas. Het grootste deel van de woonkern van de stad Sint-Niklaas is via een kollektorennet aangesloten op een RWZI, ten noordwesten van de stad. In tabel 5.1 wordt per gemeente aangegeven welke wijken en deelgemeenten binnen het stroomgebied van de Barbierbeek vallen. Tevens wordt in deze tabel het aantal inwoners van de betreffende wijk en of (deel)gemeente aangegeven.

Gemeente Kruibeke		gemeente Beveren		gemeente Temse		gemeente St-Niklaas	
deelgem. Kruibeke		deelgem. Haasdonk		deelgem. Temse		deelgem. Sint-Niklaas	
Houtenkruis	157	Haasdonk kern	1150	Lauwershoek	295	Brandtstraat	490
Bazelstraat	61	Melselestraat	128	Winnink	214	De Cauwestr.	135
verspr. woning.	119	Perstr./Bergstr.	180	Vierstr.Sweig.	1116	Dennestraat	60
deelgem. Bazel		verspr. woning.	768	Velle	855	Eigenlostr.	225
Bazel kern	104			Eigenlo/Doorn /Krekel	527	Haasdonkse Steenweg	70
Kemphoek	254			Kleine Dweers	270	Galgstraat	160
Rapenberg wst.	868					Hoogkamerstr	76
Hazenpad	379					Houten Schoen	268
verpr. woning.	919					Jef de Pauw	38
						Kletterbos	11
						Krekelstraat	47
						Laarstraat	10
						OostJachtpark	23
Kruibeke totaal	3805	Beveren totaal	2226	Temse totaal	3277	St-Niklaas tot.	1205
Totaal binnen stroomgebied Barbierbeek: 10513 inwoners							

tabel 5.1: Overzicht van de wijken en (deel)gemeenten gelegen binnen het stroomgebied van de Barbierbeek en het aantal personen woonachtig in die wijk of (deel)gemeente.

bron: Intercommunale Vereniging van het land van Waas, bevolkingstelling 1991 en milieudienst gemeente Sint-Niklaas.

Van de 1205 inwoners van de gemeente Sint-Niklaas zijn er 990 aangesloten op de riolering. Op dit moment komt dus het huishoudelijk afvalwater van 9523 personen ongezuiverd en direct of indirect (via zijbeken en grachten) in de Barbierbeek terecht. Dit komt overeen met een belasting van de Barbierbeek door huishoudelijk afvalwater van 9523 inwonerequivalenten (i.e.)¹

5.4.2 Industrieel afvalwater

Kippenslachterij Van Hoey, gelegen op de grens van Temse en Kruibeke (figuur 13), wordt over het algemeen gezien als de grootste industriële vervuiler van de Barbierbeek (anoniem, 1995 (b)), (anoniem, zonder jaar (a)), (anoniem, 1992 (a)). Sinds maart 1996 echter is er bij Van Hoey een zuiveringsinstallatie operationeel waardoor de huidige hoge belasting van de Barbierbeek met voornamelijk organisch afval door Van Hoey sterk gereduceerd wordt (mond. med. dhr. Eeckelaert, Milieudienst gemeente Temse). Grenzend aan Van Hoey is het textielveredelingsbedrijf Malapreat gevestigd (figuur 13), ook hun afvalwater vormt een hoge belasting voor de Barbierbeek. Sinds begin 1998 is ook hier een zuiveringsinstallatie operationeel, maar men bevindt zich nog in een opstartfase (mond. med. dhr. Eeckelaert, Milieudienst gemeente Temse).

Op de grens van Temse en Sint-Niklaas (figuur 13) is de industriezone TTS gelegen (bestaande uit Kapelaniepark en Oost Jachtpark), waarop 198 bedrijven zijn gevestigd. Deze bedrijven zijn actief in zeer uiteenlopende sectoren, zoals voedingsnijverheid, metaalverwerking, textielindustrie, bouwnijverheid en transport. Een deel van het Oost Jachtpark is aangesloten op een kollektor die het afvalwater naar een RWZI ten noordwesten van Sint-Niklaas leidt. Het gaat hier om een persleiding omdat gravitaire afvoer niet mogelijk is. Het pompmechanisme heeft echter regelmatig te kampen met een technische storing en in die gevallen wordt het

¹ één i.e. komt overeen met de hoeveelheid vervuiling die gemiddeld per inwoner per dag wordt geloosd, uitgedrukt in O₂ - verbruik. Doordat i.e. wordt uitgedrukt in O₂ - verbruik kunnen ook andere dan huishoudelijke belastingen door afvalwater, uitgedrukt worden in i.e.

afvalwater via een overstort toch op de Barbierbeek geloosd (mond. med.: mevr. Michiels, milieudienst gem. Sint-Niklaas). De overige bedrijven in de industriezone TTS lozen hun afvalwater ongezuiverd en direct of indirect op de Barbierbeek.

Grenzend aan de industriezone TTS liggen de industrieparken West en Noord (figuur 13), beide gelegen op het grondgebied van Sint-Niklaas. Deze industrieparken zijn volledig aangesloten op een rioleringsstelsel dat via een kollektor naar de RWZI nabij Sint-Niklaas leidt. Van deze twee industrieparken ondervindt de Barbierbeek dus geen belasting door afvalwater.

Naast bovengenoemde bedrijven en industriezones is er verder geen sprake van industriële concentraties. Wel liggen er verspreid over het stroomgebied ambachtelijke bedrijven, deze zijn veelal in of nabij de woonkernen gevestigd. Deze bedrijven zijn, evenals de woonkernen, niet aangesloten op een kollektorennet en zij lozen hun afvalwater direct of indirect op de Barbierbeek. Met uitzondering van de bedrijven die gevestigd zijn binnen het gerioleerde gebied van de gemeente Sint-Niklaas.

De belasting van de Barbierbeek door industrieel afvalwater uitgedrukt in i.e. is onbekend. Bij slechts enkele bedrijven worden er incidenteel of regelmatig monsters van het afvalwater geanalyseerd, en heeft men dus een globaal beeld van de belasting. In de literatuur zijn alleen representatieve cijfers van de afvalwaterlozingen van Van Hoey te vinden (bijlage 5). Door middel van een berekening kan uit de lozing aan BOD een schatting gemaakt worden over het aantal geloosde i.e.'s, ervan uitgaande dat 54 g BOD overeenkomt met 1 i.e. (Deventer Van, 1994). Hieruit volgt dat de gemiddelde dagelijkse lozing van Van Hoey, uitgedrukt in i.e., rond de 250 ligt. Van de meeste bedrijven echter heeft men geen idee wat de belasting van de Barbierbeek door afvalwater is. Binnen het kader van deze studie was het onmogelijk om analyses uit te voeren van het afvalwater van al deze bedrijven om zodoende een beeld te krijgen van de belasting.

5.4.3 Agrarisch afvalwater

Als agrarische vervuilingsbronnen van het Barbierbeekwater worden aangegeven (anoniem, 1992 (a)):

- overbemesting (waardoor uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater wordt veroorzaakt)
- overloop van mesttanks
- spoelwater van stallen
- illegale directe gierlozingen

Overloop van mesttanks en lozingen van stalspoelwater zijn op grond van de VLAREM-II wetgeving aan strenge normen onderworpen, terwijl op grond van dezelfde wet, gierlozingen illegaal zijn. Omdat over deze activiteiten, binnen het stroomgebied van de Barbierbeek geen gegevens beschikbaar zijn, zal hierop niet verder worden ingegaan. Overbemesting is een bron van vervuiling waar wel de nodige informatie over beschikbaar is, daar zal onderstaand verder op worden ingegaan.

Bemesting

Voor de periode van 1 januari 1996 tot 31 december 1998 gelden algemeen de volgende basisnormen voor de mestgift op landbouwgronden (per ha en per jaar):

gewasgroep	P ₂ O ₅	N uit chemische meststoffen	totale N
grasland	170	250	450
maïs	150	200	325
gewassen met lage N-behoefte	125	125	170
andere gewassen	150	225	325

Tabel 5.2: Algemene basisbemestingsnormen in kg per ha per jaar
bron: (VLAREM II, art. 14)

Op bovenstaande normen worden uitzonderingen gemaakt, o.a. voor kwetsbare gebieden. Zo gelden in waterwingebieden, beschermingszones type II en III voor grondwater, gevoelige gebieden binnen drinkwaterproductiebekkens en gebieden met nitraatgevoelige gronden verscherpte normen voor de mestgift op het land (zie tabel 5.3).

Gewasgroep	P ₂ O ₅	Tot. N	N uit dierlijke mest	N uit chemische meststoffen
grasland	120	350	200	200
maïs	100	275	170	150
gewassen met lage N-behoefte	80	125	125	70
andere	100	275	170	150

Tabel 5.3: Bemestingsnormen binnen de gebiedsgerichte verscherping in kg per ha per jaar
bron: (VLAREM II, art. 14)

De verscherping moet bijdragen in een verbetering en bescherming van de waterkwaliteit in deze gebieden.

Door het Nationaal Instituut voor de Statistiek is een berekening gemaakt van de bemestingsgraad in het stroomgebied van de Barbierbeek. Bedoeling van deze berekening is om na te gaan of er binnen het stroomgebied voldoende ha cultuurgrond aanwezig is om de geproduceerde mest te verspreiden. Bij de berekening is gebruik gemaakt van gegevens van de land- en tuinbouwtelling van mei 1990 en is uitgegaan van een bemestingsnorm van 150 kg P₂O₅/ha/j.

Conclusie na de berekening was:

“Het bekken van de Barbierbeek heeft een fosfaatproductie van 216 kg P₂O₅/ha/j ofwel een overbemesting van 44%. Geen van de gemeenten binnen het bekken voldoet aan de fosfaatsnorm” (anoniem, 1992 (a)).

In figuur 14 staat een overzicht van de fosfaatbemesting ten opzichte van de fosfaatsnorm voor de verschillende gemeenten. In figuur 16 staat een overzicht van de overbemestingsgraad per gemeente.

Over de belasting van de Barbierbeek door overbemesting en andere agrarische activiteiten in het stroomgebied van de Barbierbeek, uitgedrukt in i.e., zijn geen gegevens bekend. Berekening van deze belasting geeft in de praktijk moeilijkheden doordat overbemesting een diffuse belastingsbron is en dus moeilijk te kwantificeren. In het kader van deze afstudeeropdracht is het zelf uitvoeren van een representatieve berekening van de belasting op de Barbierbeek door de landbouw te omvangrijk en bij gebrek aan recente gegevens is het moeilijk de uitkomsten te interpreteren.

5.5 Geplande maatregelen

5.5.1 Algemeen

Door de gemeenten Kruibeke, Beveren en Temse zijn TRP's opgesteld, hierin staat aangegeven welke woonconcentraties (maar ook bijvoorbeeld recreatieterreinen en industriegebieden) in de toekomst gerioleerd moeten worden. Daarnaast staat in deze plannen aangegeven via welk kollektorennet het rioleringswater naar een RWZI moet worden geleid. Bij deze plannen is ervan uitgegaan dat er gescheiden rioleringsstelsels worden aangelegd. Dit houdt in dat het verontreinigde afvalwater wordt afgevoerd naar een RWZI en dat het hemelwater wordt afgevoerd naar een nabij gelegen waterloop. De gemeente Sint-Niklaas heeft geen T.R.P. of vergelijkbaar rioleringsplan opgesteld voor het grondgebied van Sint-Niklaas dat binnen het stroomgebied van de Barbierbeek ligt.

Huishoudelijk afvalwater

In paragraaf 5.5.2 staan globaal de TRP's voor de gemeenten Kruibeke, Beveren en Temse aangegeven.

Industrieel afvalwater

De vervuilende activiteiten van bedrijven kunnen beperkt worden met behulp van de milieuvergunning verlening en de controle op de naleving van deze vergunningen. Er wordt vanuit gegaan dat, door middel van de vergunningsprocedures, bedrijven minimaal gaan voldoen aan de lozingsnorm die op grond van de VLAREM II wetgeving gesteld zijn aan de verschillende bedrijfssectoren.

Een groot deel van de bedrijven binnen het stroomgebied van de Barbierbeek is gelegen in het gebied dat in de TRP-plannen staat aangegeven als "te rioleren gebied". Als deze bedrijven in de toekomst zijn aangesloten op een kollektorennet dat het afvalwater naar een RWZI leidt, zal de belasting van de Barbierbeek door industrieel afvalwater grotendeels afnemen.

Agrarisch afvalwater

Binnen het Belgische en Vlaamse landbouwbeleid wordt er met verschillende maatregelen, waaronder het Mest ActiePlan (MAP), naar gestreefd de overbesteding terug te dringen. Het MAP voorziet in richtlijnen voor een aangescherpte bemestingsnorm in ecologisch waardevolle gebieden, voor het minder milieu-onvriendelijk verspreiden van mest (bijvoorbeeld onbemeste bufferzone van 5 m langs open water) en voor de opslag en verwerking van mest.

In het kader van deze studie gaat het te ver om de andere maatregelen hier verder op te sommen. Er wordt vanuit gegaan dat de gestelde norm van 150 kg P₂O₅/ha/j op den duur bereikt zal gaan worden. Hierdoor zal de belasting van de Barbierbeek door afgespoelde nutriënten van door de landbouwgronden met ongeveer 31% afnemen.

5.5.2 Huishoudelijk afvalwater

Onderstaand zal per gemeente globaal het rioleringsplan voor het grondgebied binnen het stroomgebied van de Barbierbeek worden beschreven. In figuur 15 zijn deze rioleringsplannen schematisch aangegeven.

Kruibeke

Het huishoudelijk afvalwater van de deelgemeente Kruibeke wordt afgeleid naar een kollektor en opgepompt naar de deelgemeente Bazel. Hier wordt ook het huishoudelijk afvalwater van Bazel aan de kollektor toegevoegd. Van hieruit wordt het afvalwater gravitair afgevoerd naar de deelgemeente Rupelmonde. Volgens de oorspronkelijke plannen zou het afvalwater hier naar een RWZI worden geleid die was gepland in de polder van Kruibeke. Inmiddels is dit plan, mede door de komst van het GOG-KBR, gewijzigd en zal het afvalwater vanaf Rupelmonde via Steendorp in de deelgemeente Temse (niet gelegen binnen stroomgebied Barbierbeek) opgepompt worden naar de RWZI nabij Temse (anoniem, 1985); (mond. med.: dhr. Hemelaer, AMINAL).

Beveren

Het huishoudelijk afvalwater van de deelgemeente Haasdonk wordt aangesloten op de kollektor die het huishoudelijk afvalwater van de deelgemeente Melsele en Beveren-centrum (beide niet gelegen binnen het stroomgebied van de Barbierbeek) afvoert naar een RWZI nabij de Beverse beek (ook deze RWZI is niet gelegen binnen het stroomgebied van de Barbierbeek) (anoniem, 1982).

Temse

Het afvalwater van de deelgemeenten Velle, Doorn en Eigenlo en van de deelgemeente van Sint-Niklaas Krekel wordt door middel van een kollektor afgevoerd naar een RWZI gelegen in de Schauselbroekpolder, ten oosten van Temse (niet gelegen binnen het stroomgebied van de Barbierbeek) (anoniem, 1988).

Sint-Niklaas

Geen rioleringsplannen opgesteld.

Resultaten rioleringsplannen

In tabel 5.4 is weergegeven wat de verwachte belasting van de Barbierbeek door huishoudelijk afvalwater zal bedragen na uitvoering van de beschreven TRP's, ten opzichte van de huidige situatie.

	Belasting in huidige situatie	Belasting na realisatie TRP-plannen
Kruikebe	100% (3805 i.e.)	28,6% (1088 i.e.)
Beveren	100% (2262 i.e.)	14,1% (313 i.e.)
Temse	100% (3277 i.e.)	24,4% (798 i.e.)
Sint-Niklaas	100% (215 i.e.)	100% (215 i.e.)
totaal	100% (9523 i.e.)	25,3% (2414 i.e.)

Tabel 5.4: De verwachte overgebleven belasting van de Barbierbeek door huishoudelijk afvalwater (uitgedrukt in procenten en i.e.) na realisatie van de TRP's, ten opzichte van de belasting in de huidige situatie. Hierbij is de huidige situatie op 100% belasting gesteld.

Opmerking

Bij bovenbeschreven plannen moet wel opgemerkt worden dat ze in de periode 1982 tot en met 1988 in opdracht van de betreffende gemeenten zijn opgesteld. De plannen zijn goedgekeurd door de VMM, maar moeten worden uitgevoerd door Aquafin n.v.. Aquafin heeft de activiteiten tot het jaar 2001 gepland, daarin zijn echter deze rioleringsplannen nog niet opgenomen. Voor de periode na 2001 zijn tot op heden nog geen projecten gepland. Misschien bestaat de mogelijkheid dat de rioleringsplannen (deels) versneld kunnen worden uitgevoerd, dit is een van de eisen die onder andere door de ACW (Koepel van Christelijke Werknemers organisatie) gesteld worden in de gemeente Kruikebe in het kader van compensatie bij de uitvoer van het GOG-KBR. Dit blijkt uit een schrijven van de ACW aan de Minister van Openbare Werken, Vervoer en Ruimtelijke Ordening. Een groot gedeelte van het grondverzet noodzakelijk voor de aanleg van het kollektorennet en een deel van de aanleg van de riolering van Kruikebe, Bazel en Rupelmonde zou gecombineerd worden met het grondverzet noodzakelijk voor de aanleg van de ringdijk rond het GOG. Uit de parlementaire vragen aangaande deze problematiek (vraag nr. 224, van maart 1998) is gebleken dat er inmiddels contact is met Aquafin om deze plannen inderdaad op elkaar af te stemmen. In een studie wordt gezien hoe de aansluiting Rupelmonde op de RWZI van Temse plaats zou kunnen vinden. Een mogelijkheid is dat de geplande kollektor voor een groot deel het geplande tracé van de ringdijk zou volgen. Dit levert een kostenbesparing op en is tevens een grote stap in de richting van integraal waterbeheer, want veiligheid, in de vorm van de aanleg van een GOG, wordt hier gekoppeld aan het verhogen van de milieuhygiëne, in de vorm van de aanleg van riolering. De start van de werken van dit project is gepland voor eind 1999.

5.6 Aanvullende maatregelen

5.6.1 Algemeen

Zoals in paragraaf 5.4 is vermeld, wordt er in deze studie vanuit gegaan dat er door de landbouw voldaan gaat worden aan de normen en eisen zoals gesteld in de VLAREM II wetgeving. Met name voor de industrie moet het vergunningenbeleid verbeterd worden. Op dit moment is bij de verschillende gemeentelijke milieudiensten niet bekend of alle vergunningsplichtige bedrijven ook daadwerkelijk een milieuvergunning bezitten. Hierdoor is het niet uitgesloten dat vergunningsplichtige bedrijven op dit moment operationeel zijn met de daarbij behorende lozingen van afvalwater, terwijl zij niet voldoen aan de in de VLAREM II wetgeving gestelde norm. Doordat er geen vergunning is afgegeven, is de kans dat deze bedrijven gecontroleerd worden klein. Een verscherpt vergunningenbeleid moet ervoor zorgen dat alle vergunningsplichtige bedrijven ook daadwerkelijk in bezit zijn van een milieuvergunning en dat de in de vergunning gestelde normen ook regelmatig worden gecontroleerd. Daarnaast moet er gekeken worden in hoeverre de normen, gesteld in reeds voor meerdere jaren verleende vergunningen, kunnen worden aangepast aan de nu geldende normen. De mogelijkheid bestaat dat het juridisch niet mogelijk is dat normen tussentijds worden aangescherpt.

De belasting van de Barbierbeek met huishoudelijk afvalwater zal ook na uitvoering van de geplande rioleringsplannen een probleem blijven, doordat nog steeds ruim 25% van de huidige belasting gehandhaafd blijft. Dit wordt veroorzaakt doordat ca. 965 woningen (komt overeen met ca. 2414 personen) niet op het geplande rioleringsstelsel worden aangesloten.

Het is in het kader van deze studie te omvangrijk om voor alle individuele woningen een gefundeerde uitspraak te kunnen doen over de aanvullende maatregel die voor de betreffende woningen genomen moet worden. Terreinspecifieke omstandigheden (zoals micro-reliëf en bodemsoort) kunnen veroorzaken dat een schijnbaar logische keuze voor een vorm van zuivering of aansluiting op het rioleringsnet in de praktijk onmogelijk blijkt te zijn.

Wel zal per woning of groep van woningen globaal worden aangegeven of ze logischerwijs alsnog in de rioleringsplannen opgenomen moeten worden of dat er voorzien moet worden in een passende, alternatieve, kleinschalige, biologische zuivering. Dit is aangegeven op de figuren 17, 18, 19 en 20. Er is voor gekozen om de aanvullende maatregelen per subbekken binnen het stroomgebied aan te geven, omdat deze subbekkens een indicatie kunnen geven voor de mogelijkheden voor gravitaire afvoer van afvalwater. Er wordt vanwege onvoldoende informatie over de overige terreinspecifieke omstandigheden echter niet aangegeven voor welke vorm van kleinschalige, biologische zuivering gekozen moet worden.

In paragraaf 5.6.2 wordt aangegeven op welke grond ervoor gekozen is dat een woning of groep van woningen in aanmerking komt om alsnog opgenomen te worden in de rioleringsplannen. In paragraaf 5.6.3 zal worden aangegeven welke vormen van kleinschalige, biologische zuivering in aanmerking zouden kunnen komen.

Bij deze aanvullende maatregelen is er echter wel vanuit gegaan dat de huidige rioleringsplannen (zoals beschreven in paragraaf 5.5.2) worden uitgevoerd.

5.6.2 Alsnog opnemen in rioleringsplannen

Er wordt geadviseerd om woningen alsnog op te nemen in de rioleringsplannen indien:

- Het één of enkele woningen betreft die niet opgenomen zijn in de rioleringsplannen, maar die wel zeer dicht bij een geplande riolering gesitueerd zijn. In die situatie kan door een relatief eenvoudige ingreep de betreffende woning of woningen alsnog worden aangesloten op de geplande riolering.
- Een omvangrijke groep woningen door het aanleggen van extra riolering aangesloten wordt op het geplande kollektorennet, hierdoor wordt een groot aantal i.e.'s niet langer direct of indirect op de Barbierbeek geloosd.

5.6.3 Voorzien in kleinschalige, biologische zuivering

De beste methode voor de behandeling van afvalwater is zuivering met behulp van een grootschalige RWZI, omdat deze over het algemeen een hoger zuiveringsrendement en een grotere bedrijfszekerheid hebben dan een kleinschalige, biologische zuivering. Het is waarschijnlijk vanwege technisch-economische redenen niet haalbaar alle huishoudens in het stroomgebied van de Barbierbeek aan te sluiten op een kollektorennet dat naar een RWZI leidt. Voor deze huishoudens moet voorzien worden in een vorm van kleinschalige, biologische zuivering.

Kleinschalige installaties voor het behandelen van huishoudelijk afvalwater moeten aan een aantal voorwaarden voldoen willen ze een alternatief bieden tegenover de klassieke aanpak (aansluiting op een kollektorennet naar een regionaal grootschalig waterzuiveringsstation). Deze voorwaarden zijn van zuiveringstechnische, milieuhygiënische en organisatorische aard (Lenssens, 1985):

Zuiveringstechnisch

- Bestand zijn tegen grote hydraulische schommelingen in de aanvoer, kenmerkend voor kleine zuiveringsinstallaties en gemeenschappelijke rioleringsstelsels;
- Bestand zijn tegen dagelijkse en wekelijkse belastingsvariaties;
- Bestand zijn tegen stootbelastingen;
- Een eenvoudige bedrijfsvoering kennen;
- Een grote bedrijfszekerheid bezitten.

Milieuhygiënisch

- Goede inpasbaarheid in het landschap;
- Kleine kans op geurhinder (kleinschalige installaties zijn meestal dicht bij de verontreinigingsbron gelegen).

Organisatorisch

- Mogelijkheden voor een efficiënte organisatie van onderhoud, controle en slibruiming.

Bij een keuze van technieken en/of systemen zullen vanzelfsprekend ook de grondbehoeften en de economische kenmerken van de installaties (energieverbruik, personeels- en onderhoudskosten, slibverwerkingskosten, investeringskosten) medebepalend zijn.

Zoals al eerder vermeld, was het binnen deze studie niet mogelijk om een concreet advies te geven waar welk type van kleinschalige, biologische zuivering zou moeten worden toegepast. In bijlage 6 zijn negen vormen van een dergelijke zuivering, die geschikt zouden kunnen zijn, vermeld. Naast terreinspecifieke omstandigheden en de hoeveelheid te zuiveren i.e.'s zullen ook onder andere economische aspecten een rol spelen bij een keuze. Specifiek onderzoek zal moeten uitwijzen waar welk systeem moet worden ingepast. Hierbij zal moeten geprobeerd worden zoveel mogelijk huishoudens op een kleinschalig systeem aan te sluiten. Dit verhoogd, door de grotere dimensies, de flexibiliteit van het systeem wat betreft hydraulische aanvoer en vuillast. Daarnaast zijn hele kleine systemen (bijvoorbeeld 10 i.e.) economisch gezien vaak niet interessant. De meest ideale situatie om meerdere huishoudens op één systeem aan te sluiten is dat het afvalwater gravitair naar de zuivering kan worden geleid, omdat pompen duurder en meer storingsgevoelig is.

In situaties waarin, door isolatie van huishoudens, hele kleine vuillasten moeten worden behandeld, lijken septic- en Emschertanks het meest kansrijk.

Voor de andere gevallen lijken natuurlijk beluchte stabilisatievijvers erg kansrijk. De grondbehoefte is redelijk groot, maar doordat het hier om een landelijk gebied gaat, hoeft dat

geen groot probleem te zijn. Hier staat tegenover dat de investerings- en onderhoudskosten laag en de landschappelijke inpasbaarheid groot zijn. Het winterrendement daarnaast is weliswaar iets lager dan het zomerrendement, maar bij een ruime dimensionering is ook in de winter het zuiveringsrendement nog steeds aanvaardbaar. Gedurende het hele jaar is er sprake van tertiaire zuivering. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van meerdere vijvers in serie, waaronder begroeide vijvers, dan kan er in de laatste vijvers aan visteelt gedaan worden en kan het riet mogelijk commercieel gewonnen worden. Tevens kan het systeem als rust en broedplaats voor vogels dienen en wordt de grondwaterspiegel aangevuld, hetgeen ecologisch een voordeel kan zijn. Nadeel is dat het niet uitgesloten is dat er incidenteel geurhinder plaats kan vinden. Door bij het positioneren van het systeem rekening te houden met de bebouwing en de heersende windrichting kan de hinder zoveel mogelijk beperkt worden (Lenssens, 1985); (Deventer Van, 1994); (Ridder De, 1996).

5.6.4 Verwachte resultaten aanvullende maatregelen

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de te verwachten afname aan belasting van de Barbierbeek door afvalwater. Tabel 5.5 geeft een overzicht van het huishoudelijk afvalwater, tabel 5.6 geeft een overzicht van het industrieel en agrarisch afvalwater.

	Belasting in huidige situatie	Belasting na realisatie TRP-plannen	Belasting na alsnog aansluiten op riool	Belasting na invoering kleinschalige zuivering*
Kruikebeke	100% (3805 i.e.)	28,6% (1088 i.e.)	18,9% (718 i.e.)	9,4% (319 i.e.)
Beveren	100% (2262 i.e.)	14,1% (313 i.e.)	9,7% (215 i.e.)	4,9% (108 i.e.)
Temse	100% (3277 i.e.)	24,4% (798 i.e.)	17,0% (558 i.e.)	8,5% (279 i.e.)
Sint-Niklaas	100% (215 i.e.)	100% (215 i.e.)	52,1% (112 i.e.)	26,0% (56 i.e.)
totaal	100% (9523 i.e.)	25,3% (2414 i.e.)	16,8% (1603 i.e.)	8,0% (762 i.e.)

* Naar aanleiding van de gebruikte literatuur wordt er uitgegaan van een zuiveringsrendement van 50%.

Tabel 5.5: Overzicht van de verwachte overgebleven belasting van de Barbierbeek door huishoudelijk afvalwater na realiseren van de verschillende maatregelen ten opzichte van de huidige situatie. Hierbij is de huidige situatie op 100% belasting gesteld.

	Belasting in huidige situatie	Belasting na realisatie bestaande plannen
Industrie	100%	10%
landbouw	100%	69%

Tabel 5.6: Overzicht van de verwachte overgebleven belasting van de Barbierbeek door industrieel en agrarisch afvalwater na realisatie van de reeds bestaande maatregelen ten opzichte van de huidige situatie. Hierbij is de huidige situatie op 100% belasting gesteld.

Op basis van de bovengenoemde getallen is te verwachten dat de waterkwaliteit van de Barbierbeek sterk zal verbeteren en van voldoende kwaliteit zal zijn en geen belemmering voor natuurontwikkeling zal vormen, zoals dat met de huidige kwaliteit het geval zou zijn.

Opmerking

Wanneer er in tabel 5.6 alleen naar het percentage van de overgebleven belasting wordt gekeken, dan ontstaat de indruk dat de gemeente Sint-Niklaas wat zuivering van het huishoudelijk afvalwater betreft, achterblijft bij de andere gemeenten uit het stroomgebied. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat op dit moment al een groot deel van de huishoudens in de gemeente Sint-Niklaas zijn aangesloten op de riolering.

Na uitvoering van de hier beschreven plannen zullen er van de in totaal 1205 inwoners van Sint-Niklaas die binnen het stroomgebied van de Barbierbeek vallen, naar verwachting nog maar 56 huishoudelijk afvalwater op de beek lozen. Dit betekent dat slechts 4,6% van het

huishoudelijk afvalwater van de gemeente Sint-Niklaas ongezuiverd op de Barbierbeek zal worden geloosd.

5.6.5 Extra aanvullende maatregelen

Mocht de waterkwaliteit van de Barbierbeek ondanks uitvoering van de geplande en aanvullende maatregelen nog steeds niet voldoen aan de kwaliteit die noodzakelijk is voor natuurontwikkeling binnen het GOG-KBR, dan zullen er extra aanvullende maatregelen genomen moeten worden. Het niet bereiken van een voldoende waterkwaliteit kan verschillende oorzaken hebben zoals:

- De lozingen van afvalwater zijn sterk afgenomen, maar de waterbodem van de Barbierbeek is zodanig vervuild dat er een grote nalevering van nutriënten en andere vervuiling uit de bodem optreedt. In deze situatie kan men door het wegbaggeren van de vervuilde bodemlaag voorkomen dat de bodem verontreiniging van het water veroorzaakt.
- Doordat er ter plaatse van de riooloverstorten regelmatig rioolwater wordt overgestort, zodat dit alsnog direct of indirect in de Barbierbeek terecht komt, is er periodiek toch sprake van een behoorlijke belasting van de Barbierbeek. In deze situaties kan er op de plaatsen van de probleem-overstorten voorzien worden in een klein helofytenfilter waardoor het rioolwater eerst biologisch wordt gezuiverd voor het in het oppervlaktewater terecht komt, of er kan voorzien worden in een kleine wachtkom, waarin het rioolwater tijdelijk wordt gestockeerd. Als de afvoer van rioolwater door de kollektoren vervolgens weer afneemt, kan het gestockeerde water weer in het riool lopen.
- Een deel van de geïmplementeerde biologische zuiveringen werkt met een lager rendement dan van tevoren was ingeschat. Dit kan onder andere veroorzaakt worden doordat het winterrendement vanwege de lage temperaturen toch te laag ligt, omdat de zuivering te klein gedimensioneerd is of omdat chemische vervuiling in het afvalwater biologisch zuiveringsactiviteit belemmert. In deze situatie kan men proberen om het bestaande zuiveringssysteem te verbeteren, een meer technologische zuivering toe te passen of het probleemgebied alsnog aan te sluiten op het rioleringsnet.

In bovenstaande gevallen was steeds een aanwijsbare oorzaak te vinden voor het niet bereiken van de gewenste waterkwaliteit. Wanneer er echter geen aanwijsbare oorzaak is en/of men wil de actuele hoge morfologische waarden van de middenloop van de Barbierbeek koppelen aan de potentiële natuurwaarden, dan kan dit gebied als “zuiverende natuur” ingericht worden.

Dit kan gerealiseerd worden door bijvoorbeeld de aanleg van rietmoerassen gecombineerd met vijvers. Deze rietmoerassen en vijvers hebben een zuiverende werking van het water, maar dienen ook als broed- en fourageergebied voor diverse vogels en als leefomgeving voor diverse soorten kleine zoogdieren, reptielen en amfibieën. Kortom, extra zuivering van het water gekoppeld aan hogere faunistische waarden. De floristische waarde van een dergelijk voedselrijk rietmoeras is echter niet hoog, veroorzaakt door de grote aanvoer van nutriënten die een kleine variatie in plantensoorten tot gevolg heeft (Ridder De, 1996). Nadeel van dit alternatief is dat er veel grond voor nodig is, wat ondermeer tot onteigening zal kunnen leiden.

Het spreekt voor zich dat bij elk van de bovenstaande aanvullende maatregelen aanvullend onderzoek moet worden verricht naar de gewenste inrichting, zuiveringsrendement en winst aan natuurwaarden.

5.7 Conclusie

Op dit moment voldoet de waterkwaliteit van de Barbierbeek niet aan de wettelijk opgelegde kwaliteitsnormen en legt zo een zware hypotheek op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling.

Ook na uitvoering van de huidige rioleringsplannen zal de Barbierbeek nog vrij zwaar belast blijven door de lozing van ongezuiverd afvalwater.

Na uitvoering van de huidige plannen en de voorgestelde aanvullende maatregelen lijken de volgende reducties van de belasting van de Barbierbeek door afvalwater mogelijk:

- huishoudelijk afvalwater 92%
- industrieel afvalwater 90%
- agrarisch afvalwater 31%

5.8 Kritische beschouwing

Het aangenomen stroomgebied van de Barbierbeek doorsnijdt sommige straten en wijken. In deze gevallen is er geprobeerd om een zo goed mogelijke schatting te maken van het aantal inwoners dat wel en niet binnen het stroomgebied woonachtig is. Het is niet uitgesloten dat daarbij fouten zijn gemaakt. Het zal hier echter niet om grote aantallen personen gaan die ten onrechte wel of niet zijn meegeteld, waardoor het aan de essentie niets afdoet.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van stafkaarten met een schaal 1:10.000, van het jaar 1984. Bepaling van inwoneraantallen van verspreid liggende bewoning waarover geen duidelijk informatie is, is gebeurd op basis van telling van woningen op de stafkaart. Vervolgens is er gerekend met een gemiddelde van 2,5 inwoners per woning. Het is mogelijk dat dit gemiddelde niet geldt voor de hier beschouwde woningen, daarnaast is het door de ouderdom van de kaart waarschijnlijk dat er woningen zijn bijgekomen die niet op de kaart vermeld stonden. De inwoners van die huizen zijn dan ook niet meegenomen in de bepaling.

De reductie van de belasting van de Barbierbeek door landbouw is bepaald op grond van het overbestedingscijfer, ervan uitgaande dat de bemestingsnorm in de toekomst gehaald gaat worden. Hierbij is naast bemesting, niet gekeken naar andere vormen van watervervuiling door de landbouw.

De reductie van de belasting van de Barbierbeek door de industrie is een schatting. Deze schatting is gebaseerd op de rioleringsplannen, er was echter geen informatie beschikbaar over de precieze locatie van alle verspreid liggende ambachtelijk bedrijfjes. Hierdoor kunnen er bedrijfjes ten onrechte wel of niet als “in de toekomst op het riool aangesloten” beschouwd zijn.

Alles is dus indicatief en het is noodzakelijk een detailplan op te maken voordat er concreet gesproken kan worden over werkelijke hoeveelheden. Dit sluit echter niet uit dat er maatregelen genoeg zijn voor een voldoende zuivering van het afvalwater die, waar nodig, aangevuld kan worden met aanvullende maatregelen zoals kleinschalige, biologische zuivering.

6. Waterkwantiteit van de Barbierbeek

6.1 Inleiding

Het stroomgebied van de Barbierbeek is 4395 ha groot en bestaat hoofdzakelijk uit verhard oppervlak in de vorm van bebouwing en wegen, het onverhard oppervlak bestaat uit agrarische gronden. De beek wordt direct en indirect gevoed door huishoudelijk en industrieel afvalwater en neerslag.

Het gebied tussen de dijken rond de Barbierbeek in het geplande GOG vervult momenteel de functie van wachtbekken voor de Barbierbeek. Met de aanleg van het GOG-KBR wordt deze functie teniet gedaan. Om dit wachtbekken te compenseren worden in de hoofdstukken 7, 8 en 9 van dit rapport verschillende technische mogelijkheden uitgewerkt die in de "opvang" van het Barbierbeekwater moeten voorzien ten einde wateroverlast in Bazel te vermijden. Het betreft hier, kort samengevat, de aanleg van een vervangend wachtbekken, waarvoor twee locaties geselecteerd zijn, en het plaatsen van een pompemaal.

Om deze technische maatregelen uit te kunnen werken is het noodzakelijk te weten met welke afvoer van de Barbierbeek gerekend moet worden. In dit hoofdstuk worden de berekeningen van de gemiddelde en de extreme afvoeren van de Barbierbeek weergegeven waarmee in de verdere uitwerkingen van de technische maatregelen gerekend is.

6.2 Materiaal en Methode

6.2.1 Beschikbare debietgegevens

De Barbierbeek is een waterloop van de tweede categorie en valt onder de autoriteit van de Provincie Oost-Vlaanderen. Het gedeelte van de beek, dat in het geplande GOG ligt, is in beheer bij het Polderbestuur Kruibeke. Tot op heden zijn er bij de betrokken instanties geen debietgegevens van de beek bekend. Binnen het project voor de realisering van het GOG-KBR is in maart '97 een limnigraaf geplaatst voor een continue meting van de waterstanden en debieten in de Barbierbeek. De resultaten van deze meting zijn op het moment van schrijven echter nog niet beschikbaar.

6.2.2 Afgeleide debietgegevens

Wanneer geen debietgegevens van een waterloop bekend zijn, is een algemeen toegepaste methode om tot een benadering van een debiet te komen gebruik te maken van de debietgegevens van een vergelijkbare waterloop en een omrekening naar de oppervlakte van het stroomgebied toe te passen. Voor de Barbierbeek heeft de Kleine Molenbeek nabij Liezele en Dendermonde model gestaan. De situatie voor deze beek is wat betreft neerslagverspreiding en verdeling verhard en onverhard oppervlak vergelijkbaar met die voor de Barbierbeek (mond. med.: dhr. Heijlen, AWZ).

Het stroomgebied van de Kleine Molenbeek is 3090 ha groot en daarmee een factor 1,43 kleiner dan het stroomgebied van de Barbierbeek. De Molenbeek en de Barbierbeek zijn gesitueerd in figuur 21.

Op de Molenbeek worden reeds sinds 1966 debietmetingen uitgevoerd door de Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek van AWZ. De metingen geschieden met behulp van een limnigraaf. Elke 10 minuten wordt de waterstand van de beek gemeten en geregistreerd. Wanneer een dwarsprofielmeting van de beek voorhanden is, kunnen deze waterstanden worden omgerekend naar een bijbehorend debiet. Vervolgens kunnen uurlijkse debietgemiddelden, -minima en -maxima worden berekend. Vanuit deze uurlijkse metingen worden etmaal- en maanddebieten berekend. Om zicht te krijgen in de gemiddelde maanddebieten zijn de gegevens van de Kleine Molenbeek van de periode 1975 t/m 1995 gebruikt.

6.2.3 Benadering van extreme debieten

Voor deze studie is het noodzakelijk inzicht te krijgen in de hoge debieten die kunnen optreden en de bijbehorende kans van voorkomen. Een statistische methode, die in de hydrologie veel wordt toegepast om extreme waarden van waterstanden of debieten te berekenen, is de Gumbel verdeling (Mutreja, 1986). De Gumbel verdeling is een verdeling van extreme waarden, als maximale waterstanden en debieten, waarbij gebruik wordt gemaakt van een frequentie factor. In dit geval wordt onder een extreem debiet verstaan: het debiet behorende bij een waterstand in de Kleine Molenbeek nabij Liezele dat gelijk of groter is dan 1,30 m boven het nulpeil van 4,00 m TAW (mond. med.: dhr. Heijlen, AWZ).

De grootte van een debiet x voor een bepaalde terugkeerperiode van T jaren kan worden bepaald volgens de volgende vergelijking (6.1):

vergelijking 6.1

$$x = X + Ks$$

hierin is:

- x = debiet met een kans van voorkomen van $1/T$
- X = gemiddelde debiet van de waargenomen extreme debieten
- s = standaard deviatie van de waargenomen extreme debieten
- K = frequentie factor

X en s kunnen uit de waargenomen extremen worden bepaald. De waarde van K voor de Gumbel verdeling wordt voor een oneindig aantal waarnemingen bepaald door de volgende vergelijking (6.2):

vergelijking 6.2

$$K = -\sqrt{6/\pi}[0.57721 + \ln(\ln T/T-1)]$$

Voor een eindig aantal waarnemingen (N) varieert K met het aantal waarnemingen. In een dergelijke situatie worden standaard waarden voor K gebruikt volgens Mutreja (1986).

6.3 Resultaten

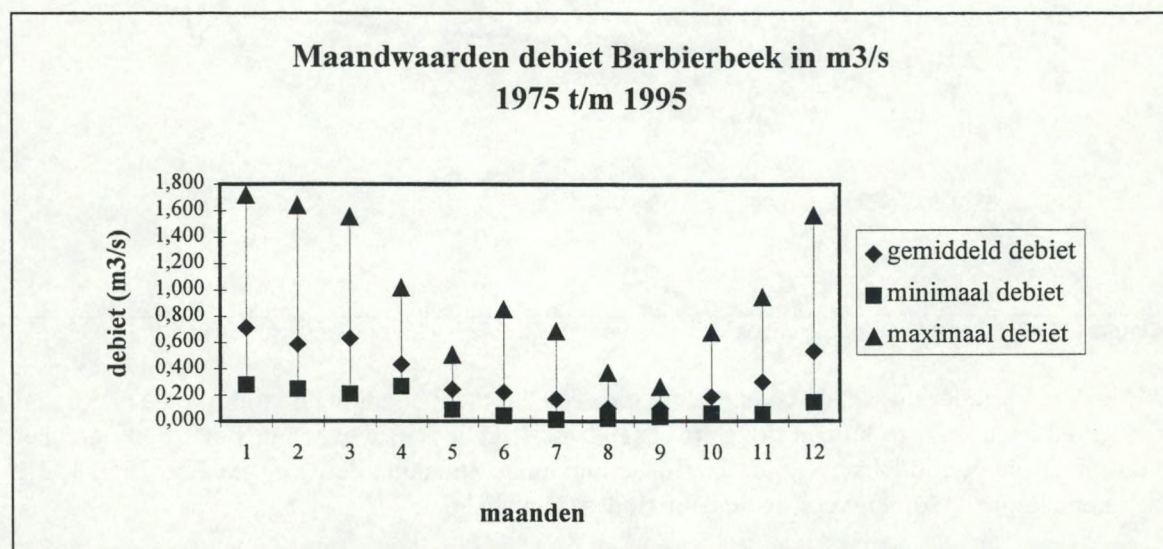
Voor de analyses van de debietgegevens is er in het debiet van de Barbierbeek een onderscheid te maken tussen een seizoenaal verloop, een lange termijn verloop (evolutie) en een verloop van de extreme waarden.

6.3.1 Seizoenaal verloop

In tabel 6.1 en figuur 6.1 staan voor de periode 1975 t/m 1995 de benaderde gemiddelde, minimale en maximale maanddebieten voor de Barbierbeek vermeld.

Maand	gemiddeld debiet	minimaal debiet	maximaal debiet
januari	0,715	0,277	1,715
februari	0,588	0,247	1,637
maart	0,631	0,207	1,552
april	0,433	0,266	1,015
mei	0,243	0,087	0,503
juni	0,223	0,041	0,852
juli	0,167	0,011	0,682
augustus	0,094	0,019	0,366
september	0,099	0,034	0,259
oktober	0,187	0,059	0,672
november	0,300	0,051	0,944
december	0,532	0,142	1,563

Tabel 6.1: Benaderd gemiddelde, minimale en maximale maanddebieten in m^3/s van de Barbierbeek voor de periode 1975 t/m 1995.



Figuur 6.1: Benaderde gemiddelde, minimale en maximale maanddebieten in m^3/s van de Barbierbeek voor de periode 1975 t/m 1995

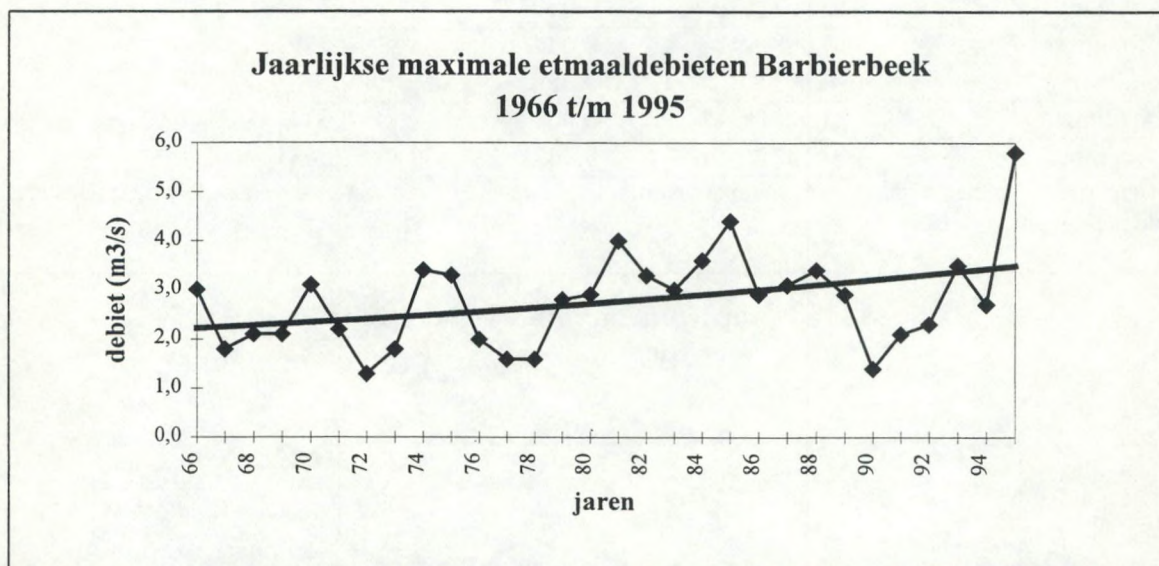
In de waarden van de debieten is een seizoenaal verloop te onderscheiden. De hoge waarden van zowel de gemiddelde als de minimale en maximale maanddebieten komen voor in de wintermaanden december, januari, februari en maart. In de maanden augustus en september komen de laagste waarden van het debiet voor.

6.3.2 Lange termijn verloop

Uit de reeks etmaalgegevens voor de periode 1966 t/m 1995 blijkt dat het debiet sterk kan variëren, met name onder invloed van de wisselvallige neerslag. Eventuele hoge debieten, die gedurende een aantal etmalen kunnen aanhouden, worden afgevlakt in het maandgemiddelde. In tabel 6.2 staan de jaarlijkse maximale etmaaldebieten vermeld die voor de Barbierbeek berekend zijn over de periode 1966 t/m 1995, deze worden in figuur 6.2 uitgezet.

Jaar	66	67	68	69	70	71	72	73	74		
Q (m³/s)	3,0	1,8	2,1	2,1	3,1	2,2	1,3	1,8	3,4		
Jaar	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
Q (m³/s)	3,3	2,0	1,6	1,6	2,8	2,9	4,0	3,3	3,0	3,6	
Jaar	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Q (m³/s)	4,4	2,9	3,1	3,4	2,9	1,4	2,1	2,3	3,5	2,7	5,8

Tabel 6.2: Berekende jaarlijkse maximale etmaaldebieten voor de Barbierbeek voor de periode 1966 t/m 1995.



Figuur 6.2: Berekende maximale etmaaldebieten voor de Barbierbeek voor de periode 1966 t/m 1995.

Bij nadere bestudering van de complete set gegevens lijkt er een stijgende trend in de maximale etmaaldebieten voor te komen die start vanaf 1980 (figuur 6.2). Dit wordt bevestigd door het verschil in de gemiddelden van de jaarlijkse maximale etmaaldebieten op de Barbierbeek die berekend kunnen worden voor de beide perioden, zie tabel 6.3.

	1966 t/m 1979	1980 t/m 1995
gemiddelde van de jaarlijkse maximale etmaaldebieten op de Barbierbeek	2,32 m ³ /s	3,22 m ³ /s

Tabel 6.3: Gemiddelde van de jaarlijkse maximale etmaaldebieten op de Barbierbeek in m³/s respectievelijk voor de perioden 1966 t/m 1979 en 1980 t/m 1995.

6.3.3 Verloop van de extreme waarden

De evolutie als hierboven beschreven kan een nadrukkelijk effect hebben op de waarde van een voorspeld extreem debiet op de Barbierbeek, omdat voor de Gumbel methode juist gebruik wordt gemaakt van een gemiddelde van de jaarlijkse maximale etmaaldebieten. Om met deze trend rekening te kunnen houden is de Gumbel methode toegepast op twee reeksen gegevens, namelijk:

1. jaarlijkse maximale etmaaldebieten over de periode 66 t/m 79
2. jaarlijkse maximale etmaaldebieten over de periode 80 t/m 95

Vervolgens zijn uit deze gegevens het gemiddelde debiet en de standaard deviatie berekend. Per reeks geldt: $N = 15$ en K volgens tabel 6.4

T (jaren)	5	10	20	25	50	75	100	1000
N = 15	0,967	1,703	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265

Tabel 6.4: Frequentie factoren voor een extreme waarde Gumbel verdeling bij N = 15
bron: (Mutreja, 1986)

Eventuele tussenliggende K factoren worden verkregen door tussen de waarden uit tabel 6.4 te inter- of extrapoleren.

De resultaten van de Gumbel verdeling voor de extreme jaarlijkse etmaaldebieten van de Barbierbeek over de periode 1966 t/m 1979 zijn weergegeven in tabel 6.5.

Terugkeer periode	gemiddelde	Std. Deviatie	frequentie factor	debiet	
T (jaren)	X (m ³ /s)	s	K	Ks	x = X + Ks (m ³ /s)
2,5	2,32	0,68	0,283	0,193	2,52
5	2,32	0,68	0,967	0,659	2,98
10	2,32	0,68	1,703	1,160	3,48
20	2,32	0,68	2,41	1,642	3,97
50	2,32	0,68	3,321	2,262	4,59
100	2,32	0,68	4,005	2,728	5,05
200	2,32	0,68	4,712	3,210	5,53
1000	2,32	0,68	6,265	4,268	6,59

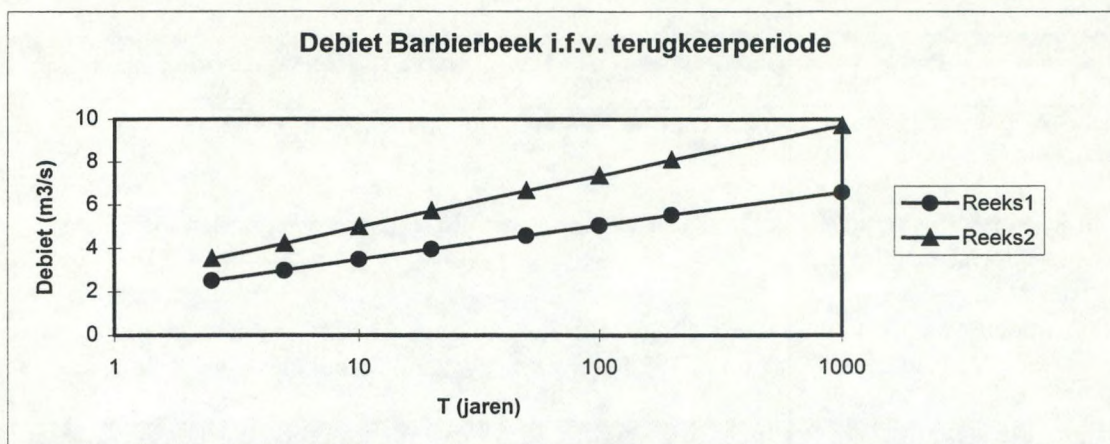
Tabel 6.5: De maximale debieten die kunnen optreden en de bijbehorende kans van voorkomen voor de Barbierbeek berekend volgens de Gumbel verdeling voor de periode 1966 - 1979.

De resultaten van de Gumbel verdeling voor de extreme jaarlijkse etmaaldebieten van de Barbierbeek over de periode 1980 t/m 1995 zijn weergegeven in tabel 6.6.

Terugkeer periode	gemiddelde	Std. Deviatie	frequentie factor	debiet	
T (jaren)	X (m ³ /s)	s	K	Ks	x = X + Ks (m ³ /s)
2,5	3,22	1,04	0,283	0,293	3,51
5	3,22	1,04	0,967	1,001	4,22
10	3,22	1,04	1,703	1,763	4,98
20	3,22	1,04	2,41	2,495	5,71
50	3,22	1,04	3,321	3,438	6,66
100	3,22	1,04	4,005	4,146	7,36
200	3,22	1,04	4,712	4,878	8,10
1000	3,22	1,04	6,265	6,486	9,70

Tabel 6.6: De maximale debieten die kunnen optreden en de bijbehorende kans van voorkomen voor de Barbierbeek berekend volgens de Gumbel verdeling voor de periode 1980 - 1995.

Uit de waarden van de tabellen 6.5 en 6.6 kan logaritmisch een lineair verband opgemaakt worden waaruit voor een willekeurige terugkeerperiode, grafisch het maximale debiet kan worden bepaald (figuur 6.3).



Figuur 6.3: Debiet van de Barbierbeek in functie van de terugkeerperiode, reeks 1 staat voor de periode 1966-1979 en reeks 2 staat voor de periode 1980-1995.

6.4 Conclusie

Uit bovenstaande volgt dat het gemiddelde maanddebiet van de Barbierbeek varieert tussen de 0,1 (september) en 0,7 (januari) m³/s. Verder blijkt er een evolutie in de jaarlijkse maximale etmaaldebieten voor te komen die vanaf ongeveer 1980 een stijgende trend inzet. Rekening houdend met deze evolutie zullen voor verdere berekeningen in deze studie, waar een extreem debiet van de Barbierbeek gebruikt wordt, de waarden aangehouden worden zoals weergegeven in tabel 6.6.

6.5 Discussie

In figuur 6.3 is duidelijk te zien dat het benaderde debiet hoger uitkomt als uitgegaan wordt van de gegevens van de periode 1980 t/m 1995. Een oorzaak voor deze stijgende trend is niet duidelijk aan te wijzen. Een mogelijke oorzaak kan zijn de toename van verhard oppervlak binnen het stroomgebied van de Kleine Molenbeek waaraan de gegevens voor de berekeningen van de debieten van de Barbierbeek zijn ontleend. In het stroomgebied van de Barbierbeek is het aandeel verhard oppervlak de laatste jaren ook toegenomen als gevolg van toegenomen bebouwing. Tevens zijn er concrete plannen voor de aanleg van een nieuw industrieterrein, waardoor deze trend de komende tijd door kan zetten. Een andere mogelijke oorzaak kan in een evolutie in de neerslag liggen. Om dit na te kunnen gaan zou een studie gemaakt moeten worden naar de hoeveelheid neerslag en de frequentie van de neerslag voor gegevens van het dichtstbij gelegen weerstation van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (Belsele-Valk) in de periode 1966 t/m 1995. Een toename in hevigheid en aanhouden van de buien kunnen de waarschijnlijke hoofdoorzaak van het vergroot verhard oppervlak potentieel versterken en een verhoging in een extreem debiet veroorzaken. Uit het oogpunt van veiligheid wordt in dit rapport dan ook verder gerekend met de uitkomsten van de tweede serie die gebaseerd is op gegevens van de periode 1980 t/m 1995.

Voor de Gumbel verdeling zijn etmaaldebieten berekend van de Barbierbeek voor de periode 1966 t/m 1995. De realiteitswaarde van deze berekende debieten kan getoetst worden aan de meetresultaten van de limnigraaf die vanaf maart '97 de optredende waterstanden en debieten meet op de Barbierbeek. Op het moment van schrijven zijn deze meetresultaten echter nog niet beschikbaar.

De opvang van Barbierbeekwater

Wanneer de polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde worden ingericht als GOG, stroomt de Barbierbeek door dit GOG om vervolgens gravitair af te wateren op de Schelde (zie onderstaand figuur). Hierbij passeert het water van de Barbierbeek eerst de uitwateringssluys in de ringdijk en vervolgens de uitwateringssluys in de overloophdijk.

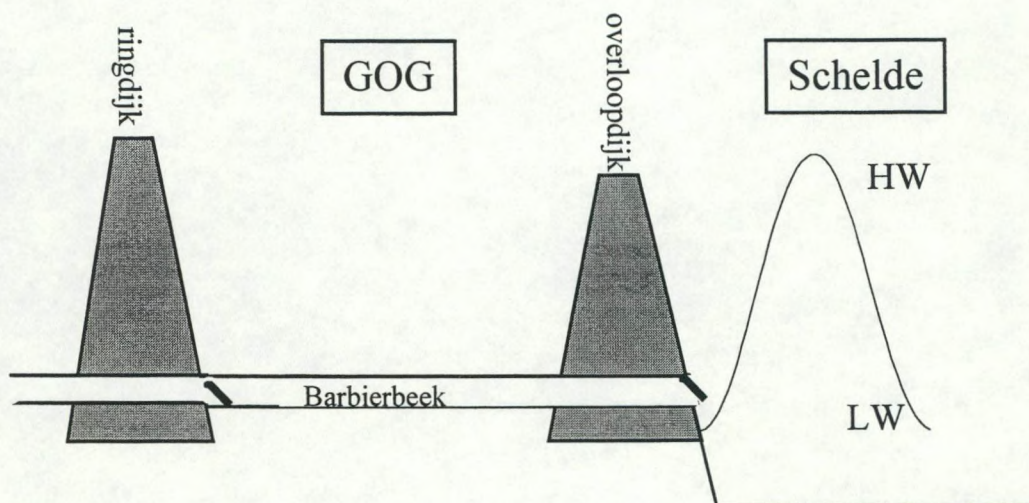
Wanneer het GOG in werking is getreden, onder invloed van een stormgetijde op de Schelde die hoger is dan 6,80 m TAW, en het water in het GOG een hoger peil heeft dan de Barbierbeek voor de ringdijk, is de uitwateringssluys in de ringdijk niet langer passeerbaar voor het water van de Barbierbeek.

Nadat het waterpeil in de Schelde is gezakt tot onder het peil van het water dat in het GOG staat, dan kan dit water via de uitwateringssluizen in de overloophdijk gravitair geloosd worden op de Schelde. Wanneer het water in het GOG dusdanig is gedaald dat het waterpeil lager is gekomen dan het peil van de Barbierbeek voor de ringdijk, dan is de sluis in ringdijk weer passeerbaar voor de Barbierbeek.

Gedurende de periode dat de uitwateringssluys in de ringdijk niet passeerbaar is voor het Barbierbeekwater, zal het water zich ophopen voor de ringdijk, omdat de wateraanvoer door de beek onverminderd doorgaat. Door deze "ophoping" van water zal het peil in de Barbierbeek stijgen en op den duur zullen de laagst gelegen woningen van de woonkern van Bazel, gelegen in de nabijheid van de Barbierbeek, bedreigd worden door het Barbierbeekwater. Daarom zal er voorzien moeten worden in een mogelijkheid voor de "opvang" van het water, teneinde de stroomopwaarts gelegen bebouwing te vrijwaren van wateroverlast.

Hiertoe zullen in dit deel, drie varianten worden uitgewerkt voor de opvang van het Barbierbeekwater voor de periode dat de beek de uitwateringssluys in de ringdijk niet kan passeren. Deze varianten zijn:

- De aanleg van een wachtbekken landwaarts van de geplande ringdijk (hoofdstuk 7)
- De aanleg van een wachtbekken stroomopwaarts van de woonkern van Bazel (hoofdstuk 8)
- Het plaatsen van een pompemaal aan de voet van de ringdijk (hoofdstuk 9)



7. Wachtbekken voor de ringdijk

7.1 Inleiding

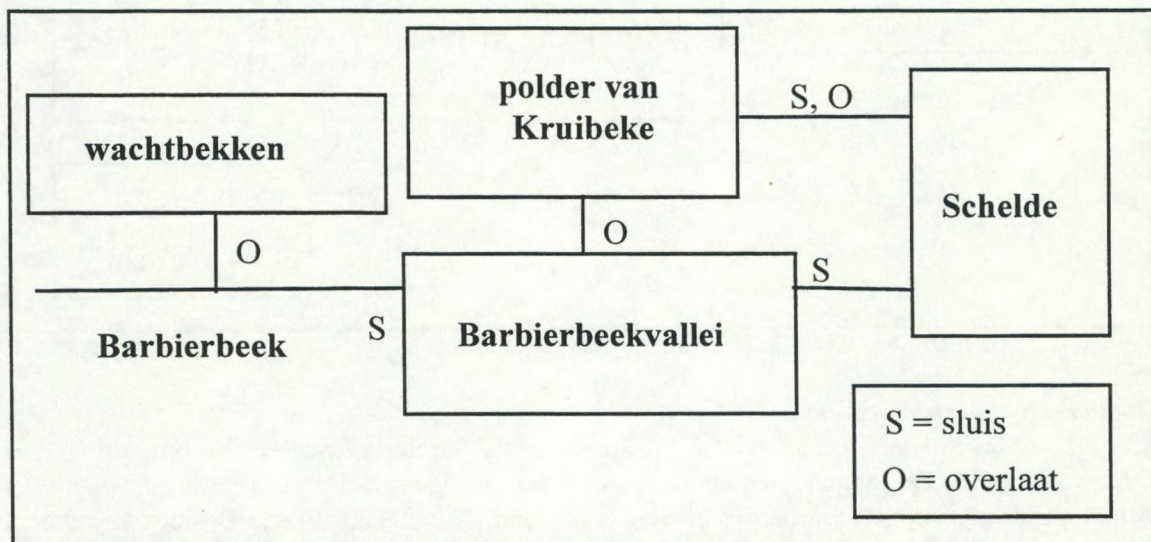
Een van de mogelijkheden voor de opvang van het Barbierbeekwater is een wachtbekken voor de ringdijk. AWZ heeft immers landwaarts de geplande ringdijk een strook van 20 m gereserveerd voor de aanleg van een dijsloot en van groenvoorziening om de ringdijk aan het zicht te onttrekken. Een uitbreiding van deze strook landwaarts kan ruimte creëren voor een wachtbekken dat voor de opvang van het water van de Barbierbeek kan zorgen. De grens voor de uitbreiding zal bepaald worden door de aanwezigheid van woonhuizen. Het gebied tussen ringdijk en woonhuizen bestaat uit landbouwgrond. Vanaf de ringdijk naar het westen toe, loopt het gebied op door de aanwezigheid van de cuesta (hoofdstuk 3).

Binnen het concept van de inrichting van het GOG-KBR met een GGG (hoofdstuk 4) wordt geopteerd om de dijken van 4,00 m TAW rond de Barbierbeekvallei te verwijderen. Het verwijderen van deze dijken zal voor de afwatering van het wachtbekken en de Barbierbeek tot gevolg hebben dat de ontwatering naar de Schelde via de polder van Kruibeke zal verlopen. In de situatie waarin de dijken blijven liggen zal de ontwatering via de Barbierbeekvallei verlopen.

In dit hoofdstuk wordt weergegeven hoe met behulp van een modelberekening verschillende mogelijkheden en voorwaarden voor een wachtbekken voor de ringdijk worden nagerekend en welke dimensies een dergelijk wachtbekken zou kunnen krijgen. Uiteindelijk worden de resultaten gegeven van enkele aanvullende berekeningen die met het model zijn uitgevoerd.

7.2 Beschrijving van de situatie

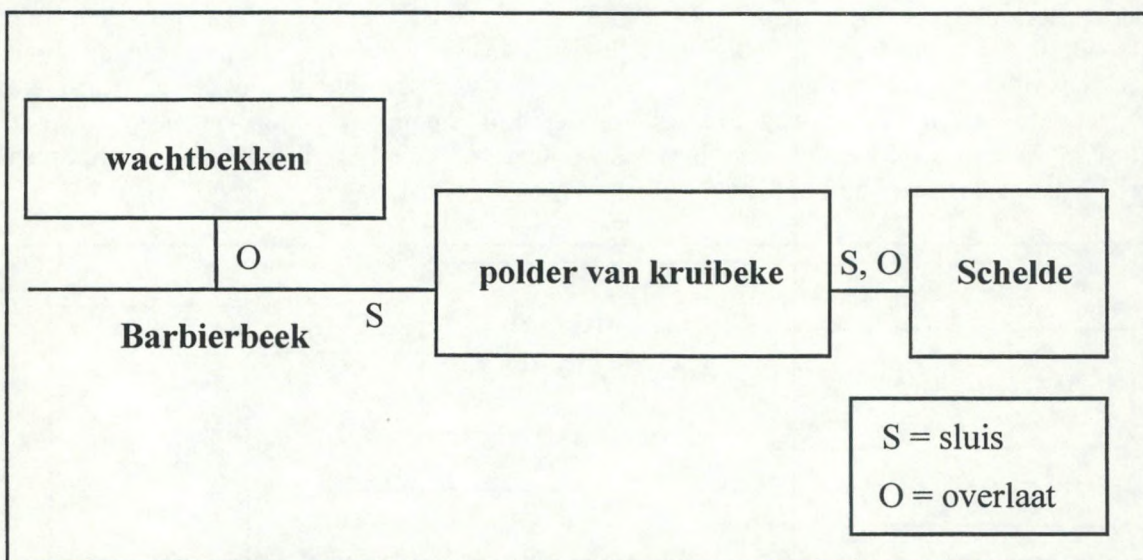
De beide ontwateringssituaties kunnen schematisch worden weergegeven. Hierin worden de Barbierbeek, het wachtbekken, de polder van Kruibeke, de Barbierbeekvallei en de Schelde als afzonderlijke compartimenten voorgesteld die met elkaar in verbinding staan door middel van een sluis of een overlaat (figuur 7.1 en 7.2). De polder van Bazel wordt niet als compartiment voorgesteld, omdat de hoogtegegevens die verder in dit hoofdstuk nodig zijn niet voldoende bewerkt waren om te kunnen gebruiken. De polder van Bazel wordt om voorgaande reden verder niet genoemd in dit hoofdstuk.



Figuur 7.1: Schematisatie A, Barbierbeekvallei met dijken

Toelichting op schematisatie A

- Het bodemniveau van de Barbierbeek ligt bij binnenkomst in de Barbierbeekvallei op 1,20 m TAW.
- Het bodemniveau van het gebied waar mogelijk het wachtbekken komt te liggen varieert van 2 m tot 6 m TAW. Om het volume van het wachtbekken te vergroten, moet het worden afgegraven tot een bodemniveau van 2,00 m TAW. De Barbierbeek staat zodoende via een overlaat in verbinding met het wachtbekken, zodat bij een waterstand lager dan 0,80 m in de Barbierbeek er geen water in het wachtbekken loopt.
- Een uitwateringssluiz in de ringdijk verbindt de Barbierbeek (en het wachtbekken indien er water in staat) met de Barbierbeekvallei. Deze uitwateringssluiz is vergelijkbaar met de uitwateringssluizen die ten behoeve van het GOG in de overloophdijk worden geplaatst. De uitwateringssluizen voor het GOG hebben echter 2 rijen kleppen (figuur 4.3), de uitwateringssluiz voor de Barbierbeek zal uitgevoerd worden met 1 rij kleppen. Het drempelniveau van deze sluis is aangenomen op 1,50 m TAW.
- De Barbierbeekvallei staat op haar beurt via een uitwateringssluiz in verbinding met de Schelde, deze sluis is gelijk aan de uitwateringssluizen ten behoeve van het GOG (figuur 11). Het drempelniveau hiervan is op 0,60 m TAW aangenomen.
- De polder van Kruibeke staat via een overlaat, die wordt gevormd door de dijken van 4,00 m TAW rond de Barbierbeekvallei, in verbinding met de Barbierbeekvallei. Eveneens staat de polder door middel van een overlaat, de overloophdijk van 6,80 m TAW, in verbinding met de Schelde. De 4 geplande uitwateringssluizen in de overloophdijk verbinden de polder van Kruibeke met de Schelde (figuur 4.3). Het drempelniveau is nog niet vastgesteld, maar komt naar alle waarschijnlijkheid tussen 0,50-0,80 m TAW te liggen, de uitwatering verloopt het snelst bij 0,50 m TAW. Het drempelniveau is veiligheidshalve op 0,80 m TAW aangenomen.



Figuur 7.2: Schematisatie B, Barbierbeekvallei zonder dijken

Toelichting op schematisatie B

Het enige verschil met schematisatie A is dat hier de Barbierbeekvallei als compartiment is 'verdwenen', deze is opgenomen in de polder van Kruibeke. De uitwateringssluiz die in schematisatie A voor de Barbierbeekvallei is gepland, is in schematisatie B niet opgenomen. Het is echter wel de bedoeling dat deze 'extra' uitwateringssluiz zal worden aangelegd. De polder van Kruibeke komt na het verwijderen van de dijken rond de Barbierbeekvallei in verbinding te staan met de polder van Basel. De 'extra' uitwateringssluiz zal hierdoor voor afwatering van beide polders zorgen, het is moeilijk om te voorspellen wat het aandeel voor de

polder van Kruike zal zijn. Daarom vormen de 4 uitwateringssluizen die voor de polder van Kruike zijn gepland, de verbinding tussen de polder van Kruike en de Schelde.

Toegestane waterhoogte in het wachtbekken

De dijken rond de Barbierbeekvallei liggen op 4,00 m TAW, in het verleden is het voorgekomen dat deze dijken overliepen. Dat wil zeggen dat het water tot 4,00 m TAW opgezet kan worden zonder dat dit noemenswaardige problemen voor de bebouwing stroomopwaarts van het wachtbekken geeft. Er kan gesteld worden dat het water zonder problemen opgezet kan worden tot 4,00 m TAW. De hoogste waterstand die in het wachtbekken mag worden bereikt wordt daarom ook op 4,00 m TAW gesteld.

Het verschil in waterhoogte tussen het wachtbekken en de polder is maatgevend voor het debiet door de uitwateringssluis. Een groter verschil in waterhoogte tussen het wachtbekken en de polder betekent een snellere en effectievere afwatering van het wachtbekken. Dus, als er in het wachtbekken een hogere waterstand wordt toegelaten kan het wachtbekken eerder en meer water lozen in de polder. Dit heeft tot gevolg dat het wachtbekken kleiner uitgevoerd zou kunnen worden. Om dit te kwantificeren zijn er ook berekeningen uitgevoerd waarin de toegestane waterhoogte in het wachtbekken 4,50 m TAW en 5,00 m TAW is.

7.3 Berekeningswijze

Om de grootte van het wachtbekken en het effect van het eventueel verwijderen van de dijken te berekenen in de situaties beschreven in paragraaf 9.2, is gebruik gemaakt van het programma Mathcad (MathcadPLUS 6.0 Professional Edition). Mathcad is een programma waarin een grote verscheidenheid aan wiskundige modellen kunnen worden geprogrammeerd.

De berekeningen werden uitgevoerd met modellen die in Mathcad zijn geprogrammeerd. De modellen kregen de naam Valleimodel (schematisatie A, paragraaf 9.2) en Poldermodel (schematisatie B, paragraaf 9.2), de naam werd bepaald door het compartiment dat zorgt voor de afwatering van de Barbierbeek naar de Schelde. De programmatuur van beide modellen is als bijlage toegevoegd, Valleimodel in bijlage 7 en Poldermodel in bijlage 8. Beide modellen werken echter volgens het volgende principe:

Van elk compartiment is een hoogte/volume relatie opgesteld, vervolgens wordt een startwaterhoogte aangenomen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het volume in een compartiment maatgevend is voor de waterhoogte in een compartiment. Deze aanname is verantwoord als gebieden die ver van de sluis of overlaat af liggen niet teveel vertraging qua stromingseffecten ondervinden. Het debiet door een kunstwerk (sluis of overlaat) wordt op basis van de waterhoogte aan beide zijden van het kunstwerk m.b.v. standaard formules uit de hydraulica voorspeld (Nortier, 1994).

De input van beide modellen is het debiet van de Barbierbeek en een stormvloed op de Schelde. De output van beide modellen is het verloop van de waterhoogte/watervolumes in elk van de compartimenten (paragraaf 7.4).

7.4 Input: debiet van de Barbierbeek en stormvloed op de Schelde

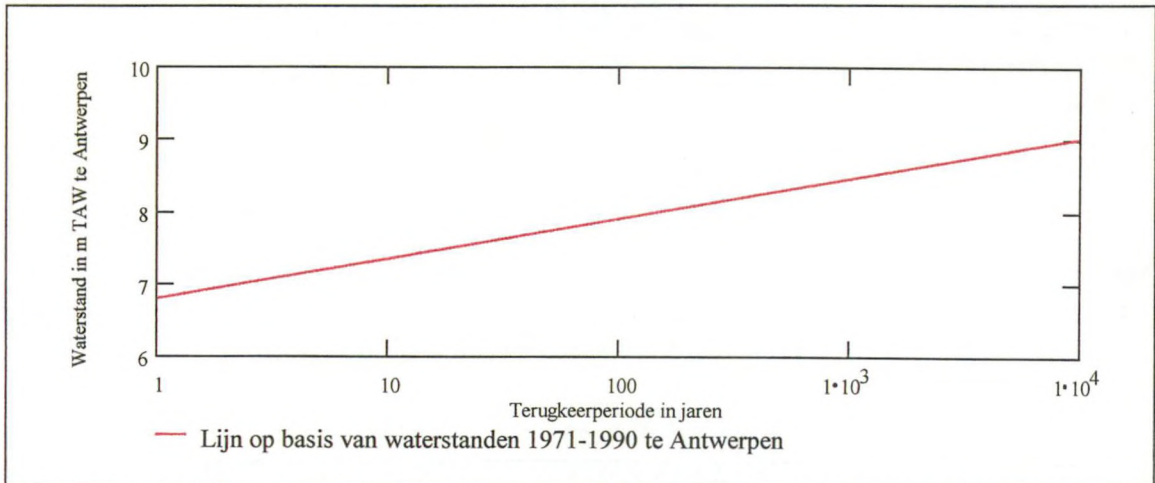
7.4.1 Analyse van het debiet van de Barbierbeek

In hoofdstuk 6 wordt de waterkwantiteit van de Barbierbeek beschreven. Hierin wordt, op basis van debietgegevens van de Kleine Molenbeek te Liezele, een voorspelling gedaan van de debieten van de Barbierbeek. Deze voorspelde debieten worden in deze paragraaf gebruikt.

7.4.2 Analyse van de stormvloeden op de Schelde

Frequentie van stormvloeden

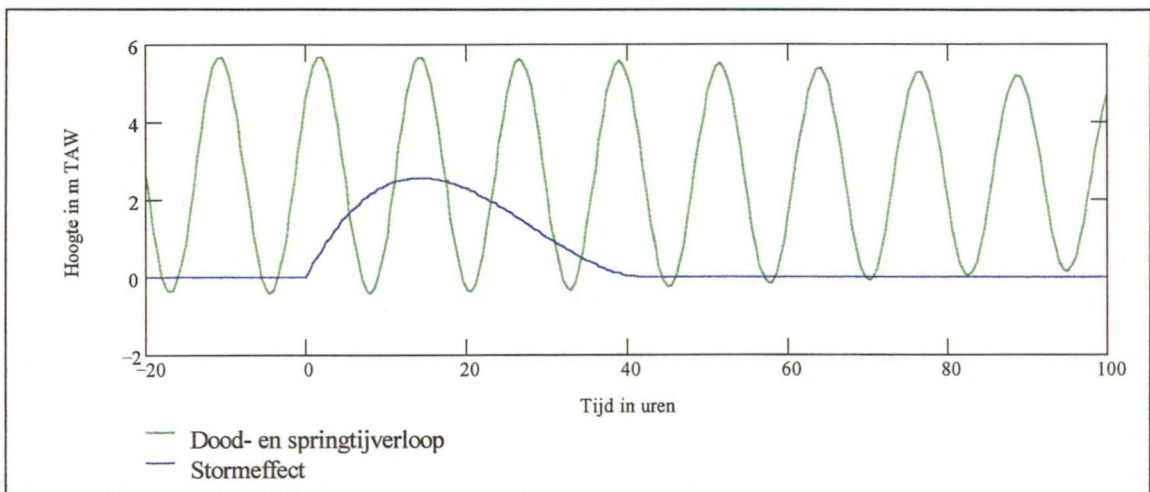
Het aantal stormvloeden op de Schelde is de laatste decennia sterk toegenomen, belangrijke oorzaken kunnen gevonden worden in de talrijke inpolderingen en de verdiepingswerken. De terugkeerperioden van hoge waterstanden te Antwerpen zijn op basis van de periode 1971-1990 bepaald (figuur 7.3) (Biesemans, 1996).



Figuur 7.3: Waterstand op de Schelde te Antwerpen in functie van terugkeerperiode (Biesemans, 1996)

Gesimuleerd sinusoïdaal stormtij

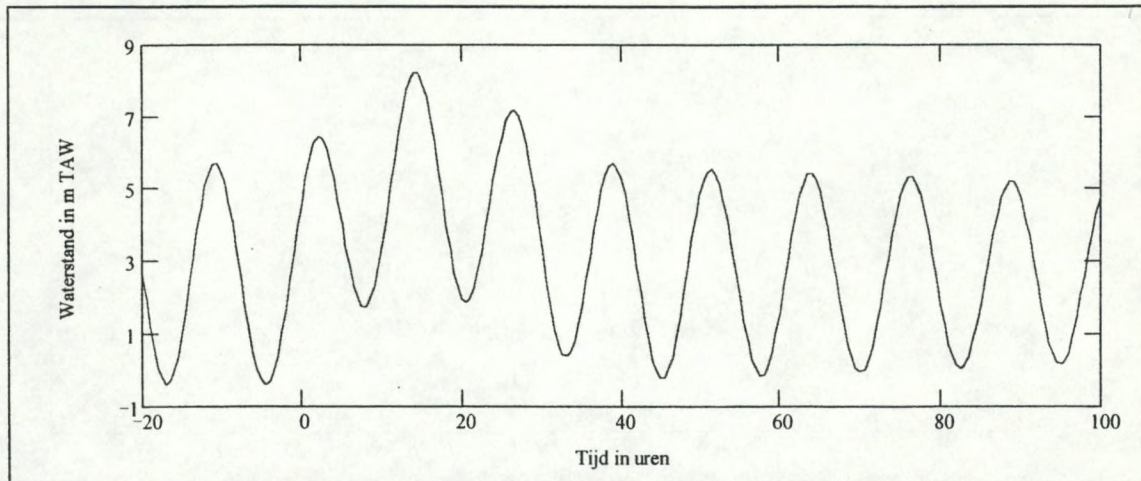
Een gesimuleerd sinusoïdaal stormtij op de Schelde wordt berekend door een combinatie van een dood- en springtijcomponent en een meteorologische component, in dit geval storm (figuur 7.4) (Biesemans, 1996).



Figuur 7.4: Stormeffect en dood- en springtijverloop

Aangenomen wordt dat de maximale waterstand van een stormtij wordt bereikt als de top van het springtij en het stormeffect samenvallen (figuur 7.5) (Biesemans, 1996).

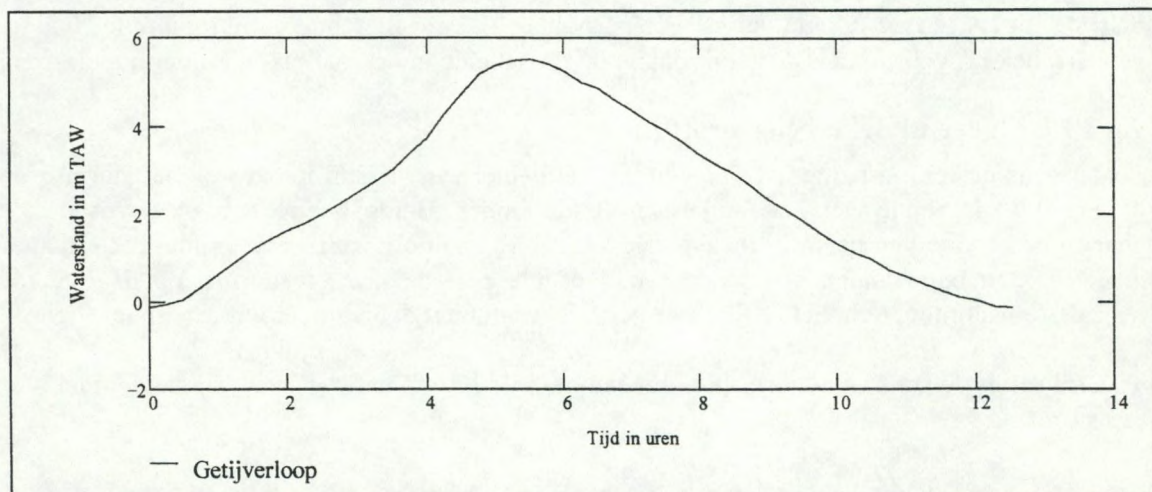
Dit is een gesimuleerde sinusoïdale voorspelling van een stormgetij met een hoogste waterstand van 8,25 m TAW.



Figuur 7.5: Gesimuleerd sinusoidaal stormgetij van 8,25 m TAW (stormeffect + springtij)

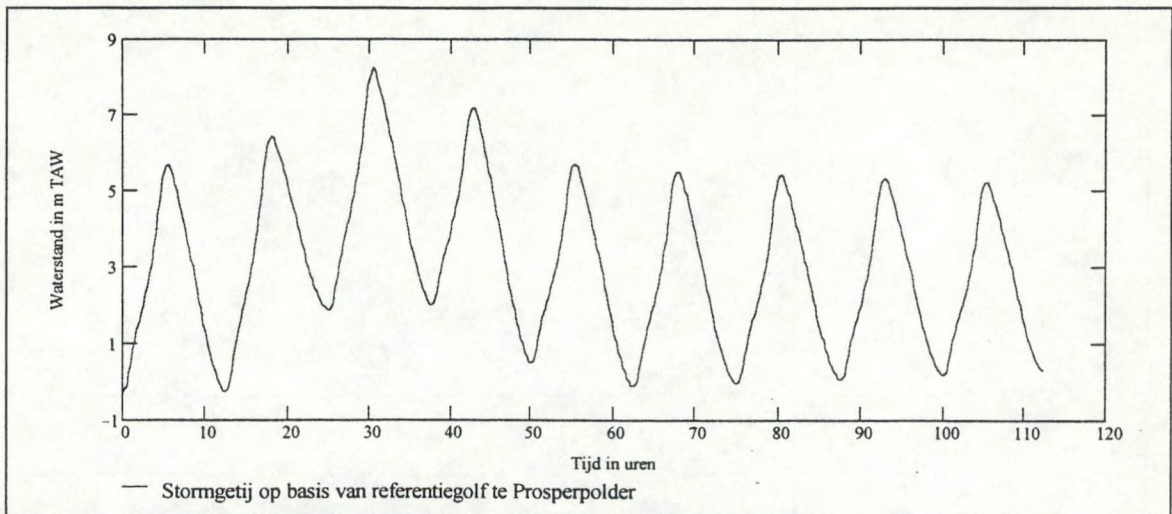
Getijverloop te Prosperpolder

Het getijverloop ter hoogte van de Prosperpolder, gelegen ongeveer 20 km stroomafwaarts Antwerpen, loopt echter niet sinusoidaal (figuur 7.6) (Claessens et. al., 1994).



Figuur 7.6: Referentiegolf van een springtij te Prosperpolder

De voorspelde maximale en de minimale waterstanden per golf van het sinusoidale stormgetij zijn gebruikt om een stormgetij te simuleren op basis van de referentiegolf van het springtij te Prosperpolder. De vorm van de referentiegolf is dus gebruikt om met de door het sinusoidale stormgetij voorspelde pieken en dalen een stormgetij voor de Prosperpolder op te zetten (figuur 7.7).



Figuur 7.7: Stormgetij van 8,25 TAW op basis van referentiegolf te Prosperpolder

Er is een wiskundig model van de Schelde beschikbaar in DufLOW (dhr. Biesemans, Universiteit Gent), in dit wiskundig model is het GOG-KBR opgenomen. Het gesimuleerde stormgetij op basis van de referentiegolf te Prosperpolder wordt in het wiskundig model van de Schelde ingegeven ter hoogte van de Prosperpolder. De resulterende getijkromme ter hoogte van Kruibeke is gebruikt als de getijkromme op de Schelde in het Vallei- en Poldermodel.

7.4.3 Maatgevend debiet en stormtij

Zoals reeds gesteld in paragraaf 7.2, vormen het debiet van de Barbierbeek en het stormtij op de Schelde de input van het Vallei- en Poldermodel. Beide hebben direct effect op de benodigde grootte van het wachtbekken: 1. het debiet van de Barbierbeek, omdat dat effectief moet worden opgevangen gedurende een bepaalde periode; 2. het stormtij op de Schelde bepaalt de waterhoogte in het GOG en de periode waarin dat debiet moet worden opgevangen.

Theoretisch is de kans van voorkomen van een bepaalde combinatie (P) van een debiet met een stormtij:

$$T_{\text{Schelde}} \leq P_{\text{combi}} \leq T_{\text{Schelde}} * T_{\text{Barbierbeek}} * 1/365$$

waarin:

T_{Schelde} = Terugkeerperiode van een stormtij op de Schelde in jaren

P_{combi} = Kans van voorkomen van een bepaalde combinatie

$T_{\text{Barbierbeek}}$ = Terugkeerperiode van een debiet van de Barbierbeek in jaren

$1/365$ = Factor voor het samenvallen van het debiet met het stormtij, er van uitgaande dat de kans op een bepaald debiet het hele jaar hetzelfde is.

Als $P_{\text{combi}} = T_{\text{Schelde}}$ wordt van volledige afhankelijkheid uitgegaan, dat wil zeggen dat hoe hoger het stormtij op de Schelde, hoe hoger het debiet van de Barbierbeek.

Als $P_{\text{combi}} = T_{\text{Schelde}} * T_{\text{Barbierbeek}} * 1/365$ wordt uitgegaan van volledige onafhankelijkheid. Dat wil zeggen dat de kans op een bepaald debiet volledig onafhankelijk is van het voorkomen van een stormtij en dat de kans op een bepaald debiet voor het hele jaar hetzelfde is (geen seizoensvariatie).

In bijlage 9 wordt de afhankelijkheid tussen het debiet van de Barbierbeek en een stormtij op de Schelde onderzocht. Hieruit blijkt dat er geen volledige afhankelijkheid is; de hoogte van een debiet wordt niet bepaald door de hoogte van het stormtij. Wel ligt het gemiddelde debiet tijdens een stormtij hoger dan in dezelfde periode van een ander jaar waarin er geen stormtij optrad. Dit wil zeggen dat er ook geen volledige onafhankelijkheid is. De debieten liggen tijdens een stormtij gemiddeld hoger, maar zijn niet direct afhankelijk van de hoogte van het stormtij op de Schelde. Er moet dus worden gezocht naar een manier waarop er een schatting van de kans op het voorkomen van een bepaalde combinatie kan worden gemaakt.

Het wachtbekken moet beveiliging kunnen bieden tegen een situatie (combinatie debiet en stormtij) met een terugkeerperiode van 1/1.000, oftewel:

$$P_{\text{combi}} = 1/1.000$$

De aanname voor P_{combi} is:

$$P_{\text{combi}} = T_{\text{schelde}} * T_{\text{Barbierbeek}}$$

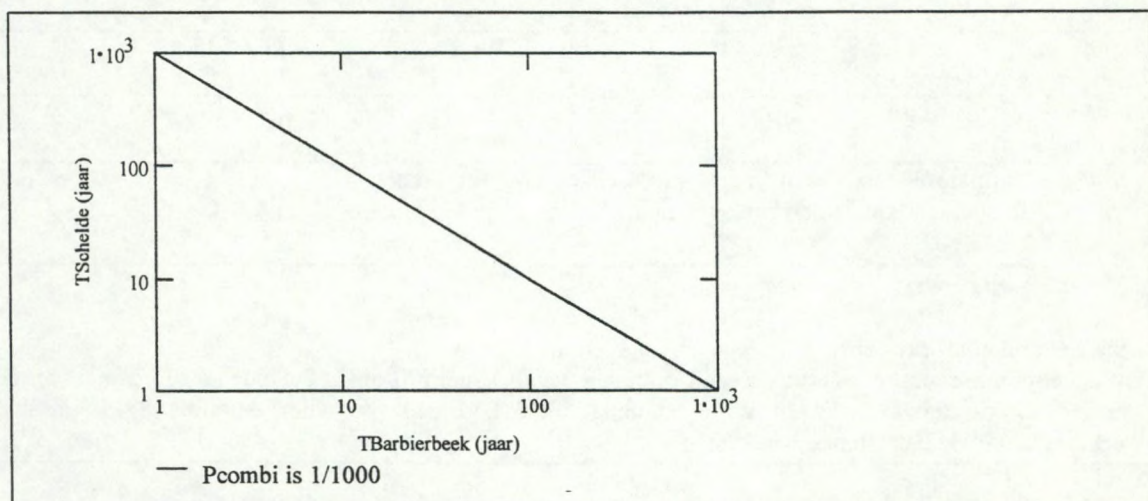
Ten eerste wordt de factor 1/365 weggelaten, dit omdat storm vaak gepaard gaat met regenval. Ten tweede wordt er een hoge veiligheid van 1/1.000 gesteld. Ter verduidelijking; het Scheldebekken wordt beveiligd door de aanleg van de GOG's tegen een waterstand op de Schelde met een terugkeerperiode van 1/400 (8,25 m TAW te Antwerpen). Als deze maximale waterstand zou optreden, wordt nog steeds met een debiet gerekend dat statistisch gezien maar eens in de 2,5 jaar voorkomt. Ten derde wordt gedurende de hele stormtijperiode (ongeveer 50 uur) met hetzelfde debiet gerekend, terwijl de genoemde debieten daggemiddelden zijn.

Samenvattend kan worden gesteld dat de aanname veiliger gemaakt wordt door de volgende factoren:

- factor 1/365 wordt weggelaten,
- een hoge veiligheidseis voor het wachtbekken van 1/1.000 en
- het doorrekenen van het hoge debiet gedurende de hele stormtij periode.

Hiermee zijn voldoende veiligheden ingebouwd om de aanname te verantwoorden.

Op de kanslijn van P_{combi} heeft elk punt een kans van voorkomen van 1/1.000 jaar (figuur 7.8), mits de aanname van $P_{\text{combi}} = T_{\text{schelde}} * T_{\text{Barbierbeek}}$ gerechtvaardigd is. Vervolgens zijn er een aantal combinaties opgesteld die doorgerekend zullen gaan worden in het Vallei- en Poldermodel (tabel 7.1), deze combinaties voldoen aan P_{combi} .



Figuur 7.8: Kanslijn van P_{combi} is 1/1.000

Combinatie nummer	T _{Schelde}	Stormgetij (m TAW)	T _{Barbierbeek}	Debiet Barbierbeek (m ³ /s)
1	1/400	8,25	1/2.5	3,5
2	1/200	8,08	1/5	4,2
3	1/100	7,91	1/10	5,0
4	1/50	7,74	1/20	5,7
5	1/20	7,52	1/50	6,7
6	1/10	7,36	1/100	7,4
7	1/5	7,19	1/200	8,1
8	1/2.5	7,02	1/400	8,9

Tabel 7. 1: De doorgerkende combinaties in het Vallei- en Poldermodel

Maatgevend voor de grootte van het wachtbekken zal de combinatie zijn die resulteert in het grootste volume Barbierbeekwater dat opgevangen dient te worden.

7.5 Resultaten

Voor het Poldermodel en voor het Valleimodel zijn 3 wachtbekkens berekend waarin de maximale hoogte niet boven respectievelijk 4,00, 4,50 en 5,00 m TAW komt. De resultaten worden weergegeven in tabel 7.2, een toelichting op deze tabel wordt na tabel 7.2 gegeven.

Parameter	Valleimodel			Poldermodel		
	MW° 4,00 (m TAW)	MW° 4,50 (m TAW)	MW° 5,00 (m TAW)	MW° 4,00 (m TAW)	MW° 4,50 (m TAW)	MW° 5,00 (m TAW)
Maatgevend combinatienr. (zie tab.7.1)	2	1	3	2	1	3
Max. waterhoogte in wachtbekken (m TAW)	3,98	4,45	4,93	3,98	4,50	4,92
Afmetingen bak 1 (m)	125*300	125*300	125*300	125*300	125*300	125*300
Afmetingen bak 2 (m)	100*250	100*250	100*150	125*250	100*250	-
Afmetingen bak 3 (m)	100*100	100*200	-	100*100	50*100	-
Afmetingen bak 4 (m)	150*350	-	-	150*350	-	-
Afmetingen bak 5 (m)	100*200	-	-	-	-	-
Opp. Wachtbekken (ha)	14,5	8,25	5,25	13,13	6,75	3,75
Fig.nr. van 1 ^e grafiek: (Waterhoogten)	22	25	28	31	34	37
Fig.nr. van 2 ^e grafiek: (Waterhoogten vergroot)	23	26	29	32	35	38
Fig.nr. van Kaart: (positie wachtbekken)	24	27	30	33	36	39

° MW = Maximale Waterstand die in het wachtbekken mag voorkomen

Tabel 7.2: Resultaten van de berekeningen in het Vallei- en Poldermodel

Toelichting op parameters uit tabel 7.2

Maatgevend combinatienr.

Dit is het nummer dat refereert naar een combinatie van een stormtij op de Schelde en een debiet van de Barbierbeek uit tabel 7. 1. Dit is de combinatie die bepalend was voor de afmetingen van het wachtbekken in de betreffende berekening.

Max. waterhoogte (m TAW)

Dit is de maximale waterhoogte die tijdens de hele stormtijperiode bereikt wordt in het wachtbekken.

Afmetingen bak 1, 2, 3, 4, 5 (m)

In het Valleï- en Poldermodel is het wachtbekken ingegeven als een eenheid van een aantal aan elkaar gekoppelde bakken (zie figuur 24, 27, 30, 33, 36 en 39).

Opp. wachtbekken (ha)

De gesommeerde oppervlakten van de bakken bepalen de benodigde oppervlakte van het wachtbekken.

Fignr. van 1^e Grafiek: (Waterhoogten), Fignr. van 2^e Grafiek: (Waterhoogten vergroot), Fignr. van Kaart: (positie wachtbekken)

De resultaten van elke berekening zijn gevisualiseerd door twee grafieken en een kaartje, de nummers refereren aan het nummer van de betreffende figuur (opgenomen aan het einde van dit rapport). De eerste grafiek geeft het verloop van de waterhoogten in de compartimenten. De tweede grafiek geeft een detailopname uit de eerste grafiek tijdens de 'cruciale' uren van het stormgetij. Op de kaart (schaal: 1/5000) wordt het wachtbekken ingerekend, de positie is gekozen zo dicht mogelijk bij de ringdijk zodat de strook die AWZ heeft gepland, benut wordt. Ook is er voor gezorgd dat er niet te veel grondverzet nodig is voor de aanleg van het wachtbekken. De bakken met bijbehorende afmetingen zijn eveneens op het kaartje weergegeven.

7.6 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Er kan een wachtbekken worden aangelegd landwaarts de ringdijk dat een beveiliging biedt tegen een situatie die een retourperiode heeft van 1 per 1000 jaar. De benodigde grootte varieert van 3,75 ha tot 14,5 ha, afhankelijk van de toegestane waterhoogte in het wachtbekken en de ontwateringssituatie van de Barbierbeek en het wachtbekken.
- De aangenomen sluisparameters voldoen.
- Er hoeven geen woonhuizen te worden verwijderd. Wel moeten er, op het wachtbekken van figuur 39 na, een aantal stallen worden verwijderd.
- De benodigde oppervlakte van het wachtbekken wordt in belangrijke mate bepaald door de maximale waterstand die wordt toegelaten in het wachtbekken. Als er gekozen wordt voor een maximale waterstand hoger dan 4,00 m TAW, moet het gebied stroomopwaarts het wachtbekken worden ingemeten om te onderzoeken of er bebouwing is die door de opzet van het water in het wachtbekken met wateroverlast te maken krijgt. Deze bebouwing moet vervolgens met behulp van dijkes worden beschermd.
- Het wachtbekken in het Valleïmodel moet in alle gevallen groter zijn dan het wachtbekken in het Poldermodel. Het wachtbekken in het Valleïmodel wordt reeds vóór het vollopen van het GOG gedeeltelijk gevuld. Dit komt doordat de waterstand in Barbierbeekvallei tijdens het hoogwater voorafgaande aan het stormtij oploopt door het hoge debiet van de Barbierbeek. In het Poldermodel kan het debiet van de Barbierbeek in de polder worden opgevangen zonder dat de waterstand zover oploopt dat het wachtbekken zich gaat vullen, dat gebeurt pas als de polder werkelijk volloopt.

7.7 Discussie

Het volume van het wachtbekken wordt vergroot doordat het wordt afgegraven tot 2,00 m TAW (paragraaf 7.2). De grond die hierbij vrijkomt kan mogelijk worden verkocht of worden gebruikt in de aanleg van de ringdijk. Het wachtbekken kan worden ingericht als park, er kunnen visvijvers worden aangelegd en er kan aan natuurontwikkeling worden gedacht.

De wachtbekkens beveiligen Bazel tegen een situatie die een retourperiode heeft van 1 per 1.000 jaar. Feit is echter wel dat een kleiner wachtbekken 'gevoeliger' reageert op een situatie

die minder dan 1 per 1.000 jaar voorkomt. Ter verduidelijking: Als het debiet hoger is dan het debiet waarmee is gerekend dan zullen er eerder problemen optreden bij een klein wachtbekken, dit ondanks de hogere toegestane waterstand in het wachtbekken.

Uit gesprekken met de plaatselijke bevolking blijkt dat gemiddeld eens per jaar het water van de Barbierbeek flink wordt opgezet voor de duiker onder de Barbierstraat, gelegen naast de N419. Dit veroorzaakt regelmatig situaties waarin het water tot aan de bebouwing komt te staan. Het is zeer aan te raden de duiker te vervangen door een duiker met voldoende capaciteit om hogere debieten aan te kunnen.

7.8 Aanvullende berekeningen

De ontwikkelde modellen zijn tevens geschikt voor het berekenen van effecten van een GGG. Aangezien voor de uitwerking van de planvorming rond het GGG de volgende situaties van belang kunnen zijn, zijn hier nog enkele aanvullende berekeningen gedaan.

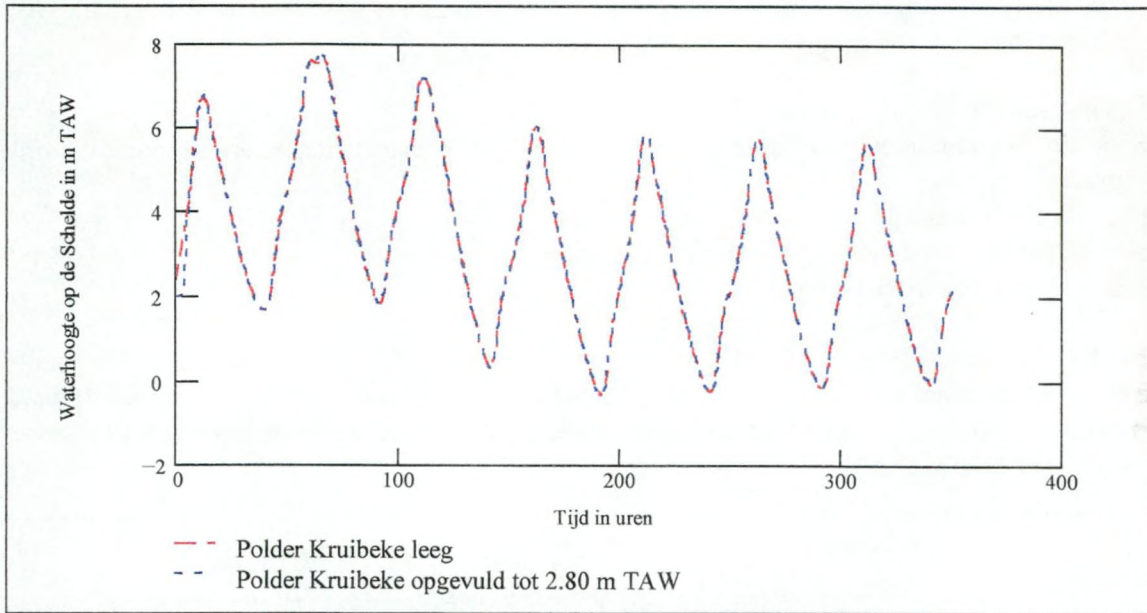
7.8.1 Periode van hoog laag water op de Schelde

Er komen perioden voor waarin de laagwaterstand op de Schelde relatief hoog is. Als de dijken rond de Barbierbeekvallei worden verwijderd, wordt de polder door het water van de Barbierbeek opgevuld, omdat er niet gravitair geloosd kan worden. Dit zou een negatief effect kunnen hebben op het indeukingseffect van het GOG-KBR, doordat een deel van het bergend vermogen van het GOG-KBR verloren gaat. Om het effect hiervan te onderzoeken is er in het wiskundig model van de Schelde in DufLOW (dhr. Biesemans, Universiteit Gent) een berekening uitgevoerd waarbij er een waterstand in de polder van Kruibeke wordt verondersteld ten gevolge van opvulling door water van de Barbierbeek.

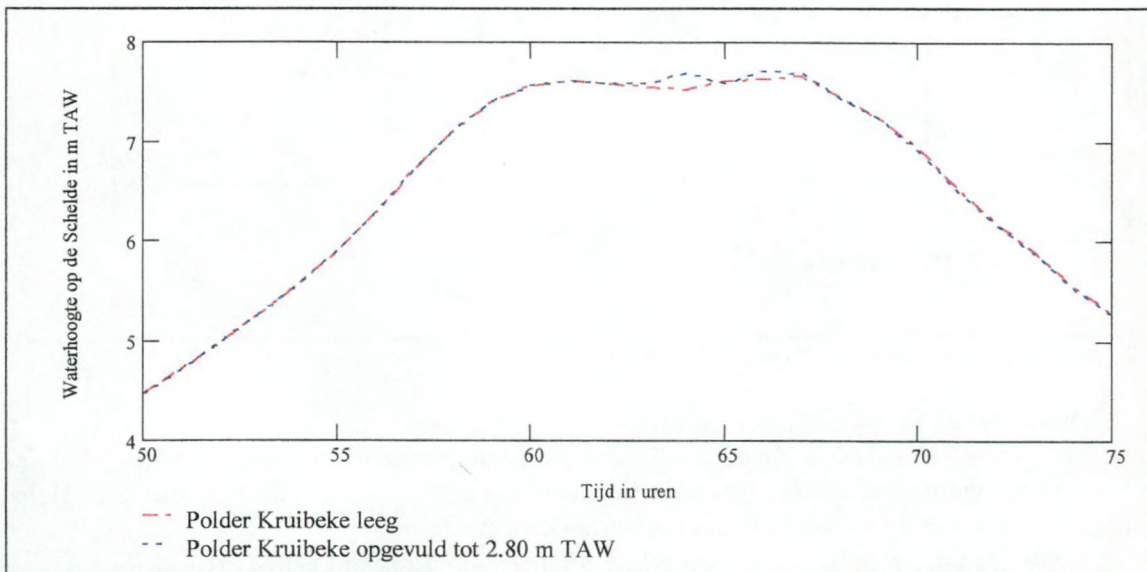
Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

- er kan een week lang geen water van de Barbierbeek worden geloosd op de Schelde t.g.v. een hoge laagwaterstand
- het debiet van de Barbierbeek is gedurende de week $3 \text{ m}^3/\text{s}$
- het water van de Barbierbeek wordt gedurende de week opgevangen in de polder van Kruibeke, de waterstand wordt hierdoor 2,80 m TAW
- het opvullen van de polder wordt gevolgd door een stormtij van 8,25 m TAW

In figuur 7.9 is de getijkromme zonder water in de polder en de getijkromme met water in polder opgenomen ter hoogte van de polder van Kruibeke, figuur 7. 10 is een detailopname van figuur 7.9.



Figuur 7.9: Vergelijking van het indeukingseffect met en zonder opvulling van de polder van Kruibeke (waterstand op de Schelde in m TAW ter hoogte van Kruibeke)



Figuur 7.10: Detailopname van figuur 7.9

Er is een klein effect van de opvulling van de polder te zien, de maximale waterstand ter hoogte van Kruibeke is 0,056 m hoger dan wanneer de polder leeg geweest zou zijn. De overige pieken zijn nauwelijks anders dan wanneer de polder leeg geweest zou zijn.

Het nadelig effect verdwijnt opwaarts Kruibeke, waardoor gesteld mag worden dat er geen belangrijk deel van het bergend vermogen verloren gaat als de dijken rond de Barbierbeekvallei verwijderd zouden worden.

7.8.2 Effect van de Barbierbeek op een GGG

Het debiet van de Barbierbeek heeft waarschijnlijk invloed op de waterhoogte in de polder na instelling van het GGG. Tevens zorgt de Barbierbeek voor een verdunning van het inkomende Scheldewater, dit kan invloed hebben op de saliniteit van het water in het GGG. De mate

waarin de verdunning gebeurt is afhankelijk van de verhouding Barbierbeekwater / Scheldewater. Om deze verwachtingen te kwantificeren zijn er in het Poldermodel (paragraaf 7.2) een aantal berekeningen uitgevoerd.

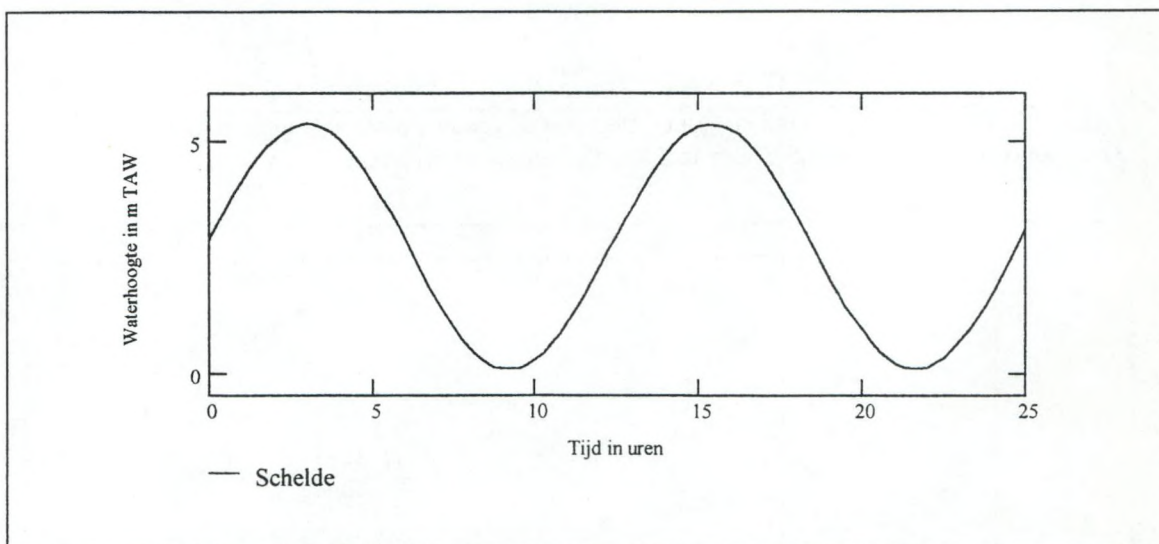
Berekeningswijze

Bij de berekeningen moeten betreffende de volgende aandachtspunten aannames worden gedaan:

1. Getijdenbeweging op de Schelde
2. Posities van de in- en uitwateringssluizen
3. Debiet van de Barbierbeek

1. Getijdenbeweging op de Schelde

De waargenomen getijhoogten van een normaaltij te Hemiksem, gelegen tegenover de polder van Kruibeke, zijn gebruikt om een sinusoïdaal normaaltij op zetten (figuur 7.11) (Claessens et.al., 1994).



Figuur 7.11: Sinusoïdaal normaaltij te Hemiksem

2. Positie van de in- en uitwateringssluizen

Er zijn diverse scenario's voor de positie van de inwateringssluizen doorgerekend. Voor deze berekening werd random een scenario gekozen (tabel 7.3), aangezien het om een globale bepaling gaat van de invloed van het Barbierbeekwater.

De positie van de uitwateringssluizen is hetzelfde als beschreven in paragraaf 7.2.

	Inwateringssluizen	Uitwateringssluizen
drempelhoogte (m TAW)	4,00	0,80
hoogte (m)	0,90	1,80
breedte (m)	1,30	7,80
aantal	4	4
oppervlakte (m ²)	11,70	56,20

Tabel 7.3: Overzicht van de posities van de in- en uitwateringssluizen

3. Debiet van de Barbierbeek

Om een idee te krijgen van de invloed van de Barbierbeek op het GGG is gerekend met drie verschillende debieten 0 m³/s, 1 m³/s en 2 m³/s. Met 0 m³/S wordt een beeld verkregen van het GGG zonder Barbierbeek, hierdoor is het effect van de Barbierbeek in de volgende

berekeningen goed te zien. Een debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ is een debiet dat iets hoger ligt dan het winter gemiddelde en $2 \text{ m}^3/\text{s}$ is een hoog winterdebiet (hoofdstuk 6).

Er zal worden gekeken naar het effect van de verschillende debieten op het verloop van de waterhoogte, de maximale waterhoogte en het aandeel van Barbierbeekwater als de maximale waterhoogte is bereikt.

Resultaten

In de figuren 40, 41 en 42 wordt het verloop van de waterhoogten met een debiet van de Barbierbeek van respectievelijk 0, 1 en $2 \text{ m}^3/\text{s}$ weergegeven. In tabel 7.4 wordt een overzicht gegeven van de maximale waterhoogte in de polder en het aandeel Barbierbeekwater tijdens de maximale waterhoogte.

parameter	$0 \text{ m}^3/\text{s}$	$1 \text{ m}^3/\text{s}$	$2 \text{ m}^3/\text{s}$
max. waterhoogte (m TAW)	1,62	1,64	1,67
volume Scheldewater (m^3)	329.400	328.500	356.400
volume Barbierbeekwater (m^3)	0	31.500	63.000
% aandeel Barbierbeekwater	0	11	16

Tabel 7.4: Resultaten van de berekeningen in het Poldermodel

Conclusie

De maximale waterhoogte neemt toe naarmate het debiet hoger wordt, maar dit leidt slechts tot verschillen van 3 tot 5 cm.

Het aandeel Barbierbeekwater ligt bij het debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ op ongeveer 11 %, dit zou een verdunningseffect op het brakke Scheldewater kunnen hebben. Bij een debiet van de Barbierbeek van $2 \text{ m}^3/\text{s}$, ligt het aandeel Barbierbeekwater op 16%.

Discussie

Het effect van de Barbierbeek op het verloop van de waterhoogten in de polder is gering, echter het aandeel Barbierbeekwater kan een verdunningseffect hebben op het Scheldewater. Dit wordt versterkt door het feit dat er waarschijnlijk geen sprake is van volledige menging in het GOG. Dit heeft mogelijk tot gevolg dat het verdunningseffect op de plaats waar de Barbierbeek in het GOG uitmondt, significant groter kan zijn. De Barbierbeek zou in dat geval voor een extra gradiënt zorgen in het GOG, namelijk een zoet-brak gradiënt.

8. Wachtbekken voor de woonkern van Bazel

8.1 Inleiding

Wanneer de Barbierbeek wordt opgenomen in het GOG verdwijnt het huidige wachtbekken voor het beekwater. Een compensatie kan zijn de inrichting van een ander wachtbekken buiten het GOG.

In dit hoofdstuk wordt een variant uitgewerkt waarbij het wachtbekken stroomopwaarts langs de Barbierbeek is gesitueerd, nog voor de beek de woonkern van Bazel bereikt. Het wachtbekken is gesitueerd in de natuurlijke vallei van de middenloop van de Barbierbeek. De huidige functie van het gebied is gunstig voor een inrichting als wachtbekken. Het gebied bestaat hoofdzakelijk uit weiden en bevat slechts enkele gebouwen. Het betreft de woningen van een buitenwijk van Bazel, namelijk Kemphoek, Hof ter Elst en de Hollenbeekhoeve. De Barbierbeek heeft zich duidelijk in het landschap ingesneden en kent dan ook hellende valleiwallen. De komvorm sluit hiermee aan op de wachtbekken functie.

8.2 Randvoorwaarden

In juni '92 is de vallei door het gemeentebestuur van Kruibeke voorgedragen in een "Voorstel tot rangschikking als landschap" om de landschappelijke waarde te beschermen. Met name de morfologische kenmerken van het gebied, zoals de meanders van de beek, zijn waardevol (hoofdstuk 3). De Hollenbeekhoeve is opgenomen als beschermd gebouw als aanvulling op de toekenning van beschermde landschappelijke waarde. De bestemming die het landschap hiermee heeft gekregen is een belangrijke randvoorwaarde voor de aanleg van een wachtbekken in dit gebied. Figuur 43 toont het gebied van het wachtbekken.

Vanwege de beschermde landschappelijke waarde is bij het bepalen van de mogelijkheden van een wachtbekken op deze plaats afgeweken van de klassieke benadering van onderzoeken. Bij de klassieke benadering wordt eerst het volume bepaald van het op te vangen water, waarna de grootte van het benodigde bekken wordt bepaald. In deze situatie is echter eerst bezien wat het maximale mogelijke bergingsvolume van het bekken is binnen de randvoorwaarden en vervolgens is berekend of dit volume toereikend is om een voldoende veiligheid te garanderen tegen overstromingen in de woonkern van Bazel die door de Barbierbeek worden veroorzaakt. Aldus zijn voor het wachtbekken, dat in dit hoofdstuk beschreven wordt, de volgende randvoorwaarden opgesteld:

- voor het bekken wordt een veiligheid van 1/1.000 gehanteerd. De argumentatie hiervoor is analoog aan die gegeven in hoofdstuk 7.4.3.
- het bekken moet landschappelijk inpasbaar zijn. Dit betekent dat het wachtbekken gerealiseerd moet worden zonder grote ingrepen als de aanleg van een lange waterkering.
- het maximale waterpeil in het gebied mag niet boven de 7 m TAW komen. In het gebied ligt de meeste bebouwing boven de 7 m TAW en sommige maar net erboven.
- de Hollenbeekhoeve ligt kort langs de beek, iets boven 6 m TAW, en moet behouden blijven.
- voor het bekken wordt een veiligheidshoogte van 0,25 m gehanteerd. De afmetingen die in de berekeningen van het bergingsvolume van het bekken zijn gebruikt zijn namelijk handmatig opgemeten in mm van een stafkaart met schaal 1:10.000. Ook de gehanteerde hoogtelijnen en grenzen van het bekken zijn op deze kaart gebaseerd. De veiligheid van 0,25 m wordt gehanteerd om de meetfout van deze grofschalige metingen te ondervangen.

8.3 Dimensionering

Maximale grenzen

Bij het bepalen van de maximale grenzen van het bekken wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met de natuurlijke hoogtelijnen en de aanwezige bebouwing, omdat het aanleggen

van een kilometers lange waterkering in dit gebied een kostbare ingreep is die bovendien de landschappelijke waarde te veel aantast. De meeste bebouwing in het gebied ligt boven de 7 m TAW, soms net erboven; deze lijn wordt als bovengrens gehanteerd. Een hogere bovengrens vergroot weliswaar de bergingscapaciteit van het bekken, maar er zal een waterkering moeten worden aangelegd om de bebouwing veilig te stellen. De lager gelegen bebouwing kan vrij eenvoudig, op een landschappelijk aanvaardbare manier met een kleine waterkering in de vorm van een dijkje, veilig worden gesteld. Het gaat hier dan om de bebouwing van de Kemphoek en de Hollenbeekhoeve.

De benedenstroomse begrenzing van het wachtbekken wordt gevormd door een dijk zoals gepland in figuur 43. Het bodemniveau van het bekken ligt op deze lokatie tussen de 4 en 5 m TAW. Deze dijk sluit aan de noordoost zijde aan op de natuurlijke hoogtelijn van 7 m TAW en aan de zuidwest zijde op het dijkje dat rond de Kemphoek is gepland. De maximale relatieve hoogte van deze dijk is 3 m en de lengte bedraagt ongeveer 200 m. In deze dijk moet een sluis voorzien worden die afgesloten dient te worden zodra de beek niet langer gravitair op de polder kan lozen. De waterdrukken van de betreffende waterpartijen, in de polder en in het wachtbekken, zijn niet met elkaar verbonden door deze sluis. In dit geval kan daarom geen standaard uitwateringssluys worden gebruikt die geheel mechanisch, zonder bediening, sluit zodra de waterdruk aan de buitenkant van de sluis hoger wordt dan die aan de binnenkant. De sluis moet handmatig of computer gestuurd te bedienen zijn. Dat laatste is in dit geval niet aan te raden daar de frequentie waarmee het bekken en de sluis gebruikt zullen worden laag zal zijn en het gebruiksgemak van een computer gestuurde bediening waarschijnlijk niet opweegt tegen de kosten van de aanleg.

Het dijkje rond de Kemphoek kan ten westen aansluiten op de natuurlijke hoogtelijn van 7 m TAW en ten oosten op de aan te leggen dijk die dient om het wachtbekken af te sluiten als hiervoor beschreven. De relatieve hoogte van het dijkje komt hierbij maximaal op 1 m en de lengte waarover het wordt aangelegd bedraagt 350 m. De Hollenbeekhoeve wordt rondom bedijkt, ook tot 7 m TAW. Dit dijkje sluit aan beide zijden van de Hoeve aan op de natuurlijke hoogtelijn van 7 m TAW. Het heeft een relatieve hoogte van maximaal 2 m en een lengte van ongeveer 350 m. Met 0,25 m overhoogte kan in het bekken dan een waterstand van 6,75 m TAW voorkomen. Zie voor de situering van het bekken ook figuur 43.

Bergingsvolume

In de figuren 1 t/m 5 van bijlage 10 staan een aantal dwarsdoorsneden en hun onderlinge afstand vermeld die gebruikt zijn voor de volume bepaling van het bekken. De oppervlakte van de doorsnede wordt vermenigvuldigd met de lengte binnen het bekken waarvoor deze doorsnede geldig is. De zo berekende volumes worden bij elkaar opgeteld en hieruit wordt het totale volume van het bekken verkregen. In tabel 8.1 staan de betreffende volumes en het totale volume van het wachtbekken vermeld.

nr	Oppervlakte doorsnede (m ²)	lengte traject (m)	Volume (m ³)
1	330,0	700	231000
2	330,0	440	145200
3	167,5	220	36850
4	78,8	300	23640
Totaal:			436690

Tabel 8.1: Volume van het wachtbekken in de Barbierbeekvallei in m³

Bepaling bergingsvolume

Het wachtbekken biedt een beveiliging voor een situatie met een retourperiode van 1 per 1000. Dit is een gecombineerde kans van de kans op voorkomen van een hoogwater op de Schelde en een kans op voorkomen van een topdebiet van de Barbierbeek. Zie hoofdstuk 7 voor een nadere

toelichting op deze kanscombinaties. Met een model in Mathcad, dat op dezelfde basis werkt als beschreven in hoofdstuk 7, zijn voor de verschillende kanscombinaties de tijden berekend waarover het betreffende debiet moet worden opgevangen. De tijd vermenigvuldigd met het debiet resulteert in een benodigde bergingsvolume voor het wachtbekken. Maatgevend zal de combinatie zijn die resulteert in het grootste benodigde bergingsvolume. De stockage periode is die periode waarin het waterniveau in de polder als gevolg van een overstroming van de Schelde boven de 1,9 m TAW staat en de beek daardoor niet gravitair op de polder kan lozen. In tabel 8.2 staan de uitkomsten van de doorberekende kanscombinaties vermeld.

HWS (m TAW)	Q Barbierbeek (m ³ /s)	stockage periode (uren)	bergingsvolume (m ³)
8,25	3,51	31,5	398034
8,08	4,22	31	470952
7,91	4,98	30,5	546804
7,74	5,71	21	431676
7,52	6,66	20	479520
7,36	7,36	18,75	496800
7,19	8,10	8,25	240570

Tabel 8.2: Uitkomsten van de kanscombinaties ter bepaling van het maximaal te bergen volume Barbierbeekwater

Uiteindelijk blijkt de maatgevende combinatie van een hoogwater van 7,91 m TAW op de Schelde (terugkeerperiode van 1 per 100 jaar) en een debiet op de Barbierbeek van 4,98 m³/s (terugkeerperiode van 1 per 10 jaar) te resulteren in het grootste benodigde bergingsvolume van het wachtbekken, te weten 546.804 m³.

8.4 Conclusie

Het wachtbekken voor de woonkern van Bazel, gelegen in de natuurlijke vallei van de Barbierbeek, is niet toereikend om bij een overstroming in het GOG het water van de Barbierbeek te stockeren gedurende de periode dat deze niet gravitair op het GOG kan lozen, met andere woorden zolang het waterniveau in de polder boven de 1,9 m TAW staat. Het maximale bekken heeft een volume van 436.690 m³ terwijl in het ongunstigste geval er een bergingsvolume van 546.804 m³ vereist is.

8.5 Opmerkingen en suggesties

Bij de randvoorwaarden staat vermeld dat vanwege de onnauwkeurigheid van de metingen een veiligheidshoogte van 0,25 m is aangehouden voor de bepaling van het wachtbekken. Indien er nauwkeurige opmetingen van het gebied worden uitgevoerd is het mogelijk dat het maximale bergingsvolume in werkelijkheid uiteindelijk groter blijkt te zijn dan hier wordt vermeld. Berekeningen, weliswaar gebaseerd op de onnauwkeurige metingen, hebben echter aangetoond dat zonder de veiligheidshoogte van 0,25 m het volume van het bekken alsnog ontoereikend is in geval van een hoog debiet van de Barbierbeek in combinatie met een overstroming van het GOG.

Het is mogelijk dat na het uitvoeren van de rioleringsplannen door de betrokken gemeenten rond de Barbierbeek een gedeelte van de afvoer wordt afgenomen door het kollektorennet. (hoofdstuk 5). Hiermee zou het debiet van de beek lager uit kunnen vallen en het mogelijke bergingsvolume van het wachtbekken wel toereikend kunnen zijn. Het is op dit moment niet mogelijk vast te stellen wat het daadwerkelijke aandeel van de debietsvermindering door de uitvoer van de rioleringsplannen zal zijn. Op basis van een schatting van de lozing van huishoudelijk afvalwater van 150 l per persoon per dag, is een debiet bepaald van 0,032 m³/s. Dit is te verwaarlozen op het maatgevend debiet van 4,98 m³/s.

9. Pompgemaal

9.1 Inleiding

Een van de mogelijkheden voor de “opvang” van het Barbierbeekwater indien het GOG-KBR in werking is getreden, is het overbrengen van het water vanuit de Barbierbeek naar het GOG-KBR met behulp van een pompgemaal. Het moment dat het Barbierbeekwater de uitwateringssluis in de ringdijk niet langer kan passeren, is het moment waarop het gemaal moet gaan functioneren. Uit veiligheidsoverwegingen zal het water over de ringdijk gepompt moeten gaan worden in plaats van door de ringdijk. Een pijp door de dijk immers, kan de stabiliteit van de dijk verminderen. Vanwege de in deze situatie benodigde grote opvoerhoogte² van het water, zijn er twee soorten pompen in beschouwing genomen, namelijk:

- schroefcentrifugaalpomp (type: Hydrostal L20 K-SD, Eekels pompen b.v., Barendrecht, Nederland)
- schroefvrijzalgemaal (type: betonnen trog, Spaans Babcock b.v., Balk, Nederland)

Andere typen pompen, zoals axiaalpompen en radiaalpompen, hebben doorgaans een lagere maximale opvoerhoogte dan de schroefcentrifugaalpomp en het schroefvrijzalgemaal (anoniem, 1992 (b)) en zijn daardoor in deze studie buiten beschouwing gelaten.

In dit hoofdstuk wordt aangegeven aan welke voorwaarden een pompgemaal in deze situatie moet voldoen. Tevens worden de twee beschouwde gemaaltypen beschreven en met elkaar vergeleken op enkele belangrijke kenmerken.

9.2 Randvoorwaarden

Pompcapaciteit:

De pomp treedt in werking wanneer het Barbierbeekwater niet meer via de uitwateringssluis in de ringdijk het GOG-KBR in kan stromen. Om wateroverlast te voorkomen voor het gebied langs de Barbierbeek, stroomopwaarts van het GOG-KBR, moet het pompgemaal een debiet kunnen verpompen wat gelijk is aan het debiet van de Barbierbeek. Door middel van het GOG-KBR kunnen stormtijden op de Schelde worden gekeerd met een kans op voorkomen van 1 maal in de 400 jaar. Om voor het gebied rond de Barbierbeek juist stroomopwaarts van het GOG-KBR eenzelfde veiligheid te verkrijgen, moet dit gebied beschermd zijn tegen waterhoogten op de Barbierbeek met een kans op voorkomen van 1 maal op de 400 jaar. Langs statistische weg is bepaald dat het bij deze waterstand horende debiet van de Barbierbeek $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ bedraagt (hoofdstuk 6). Hieruit volgt dat de pompcapaciteit van het gemaal $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ moet bedragen.

Opvoerhoogte:

Het waterpeil van de Barbierbeek, juist voordat deze het GOG-KBR instroomt, bedraagt gemiddeld ca. 1,70 m TAW, het kruinpeil van de ringdijk bedraagt 8,35 m TAW. Er moet dus door middel van het pompgemaal een hoogte van minimaal 6,65 m worden overbrugd. Een pompgemaal ligt over het algemeen wegens technische redenen vrij diep in het water, terwijl de persleidingen of goten op de dijk in de praktijk hoger zullen liggen dan 8,35 m TAW. Om deze redenen wordt uitgegaan van een opvoerhoogte van 8,0 m.

Bedrijfszekerheid:

Het GOG-KBR wordt ingericht om het omliggende gebied en verder stroomopwaarts gelegen gebieden te beschermen tegen wateroverlast vanuit de Schelde. Om wateroverlast veroorzaakt door de Barbierbeek te voorkomen kan een pompgemaal ingezet worden, maar het mag niet zo

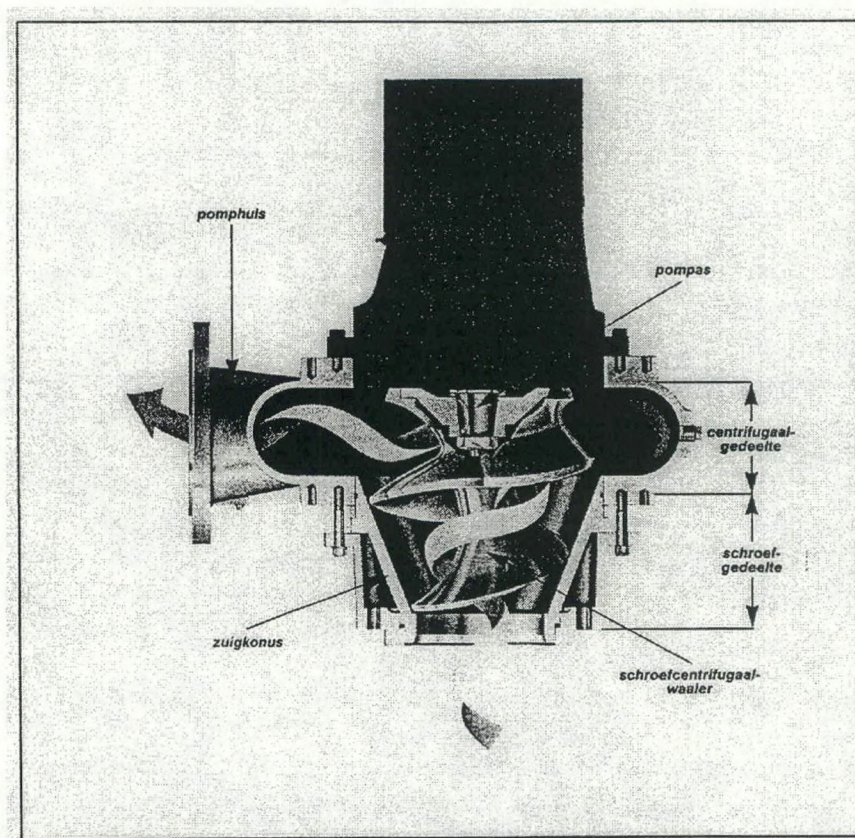
² Het verschil in hoogte dat het water moet afleggen van het laag peil (stand Barbierbeek voor de ringdijk) naar een hoogpeil (kruinhoogte van de ringdijk).

zijn dat door het falen van het gemaal er alsnog wateroverlast optreedt. Daarom is het een absolute vereiste dat het pompgemaal met een zeer grote bedrijfszekerheid zal functioneren.

9.3 Schroefcentrifugaalpompgemaal

9.3.1 Principe

De beschouwde Hydrostal-pomp bezit de eigenschappen van een schroefpomp gecombineerd met die van een centrifugaalpomp. De schroefcentrifugaalwaaier (fig. 9.1) schroeft zich als het ware in het water, waardoor het water in de pomp wordt “geslagen”. Door het schroefvormige gedeelte wordt het water naar het centrifugaal gedeelte geleid. In dit gedeelte wordt het water door de centrifugaal werking om een hoek van 90° “geslingerd” om vervolgens, via een op het pomphuis aangesloten leiding, afgevoerd te worden. Door de unieke, verstoppingsvrije schroefcentrifugaalwaaier kan de Hydrostal-pomp naast vaste bestanddelen ook “lange vezel vormen” verpompen (anoniem, zonder jaar). Bij lange vezel vormen moet gedacht worden aan onder andere touw, lang gerekte lint vormige stukken plastic enz. De uittreezijde van de pomp is zodanig ontwikkeld dat deze lange vezel vormen de schroefcentrifugaalwaaier niet kan omwikkelen (een voordeel van de Hydrostal-pomp ten opzichte van conventionele schroefcentrifugaalpompen).



Figuur 9.1: Schroefcentrifugaalpomp

9.3.2 Uitvoering

Bij de gestelde opvoerhoogte van 8,0 m is de pompcapaciteit van één Hydrostal L20 K-SD pomp $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Om een piekdebiet van $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ te kunnen verpompen zijn er dus 6 parallel opgestelde Hydrostal L20 K-SD pompen nodig. Deze pompen moeten in een betonnen bakvormige constructie worden gehangen, die onder water staat opgesteld. Verder moet voor iedere pomp voorzien worden in een persleiding, die vanaf de pomp tot op de kruin van de ringdijk loopt, daarbij het dijktalud volgende. Op de kruin en aan de GOG-zijde van de ringdijk

moet voorzien worden in een constructie die de dijk beschermt tegen de erosieve krachten van het uit de persleiding stromende water.

Voor meer gedetailleerde gegevens van de Hydrostal L20 K-SD, zie bijlage 11.

9.3.3 Opstelling / positionering

De onderkant van een schroefcentrifugaalpomp moet op een diepte van ongeveer 3 m ten opzichte van het wateroppervlakte worden geplaatst. Bij een kleinere diepte bestaat de kans dat er rond de zuigmond een kolk wordt getrokken, waardoor er naast het te verpompen water ook lucht wordt aangezogen. Dat zou een verlaagde pompcapaciteit veroorzaken.

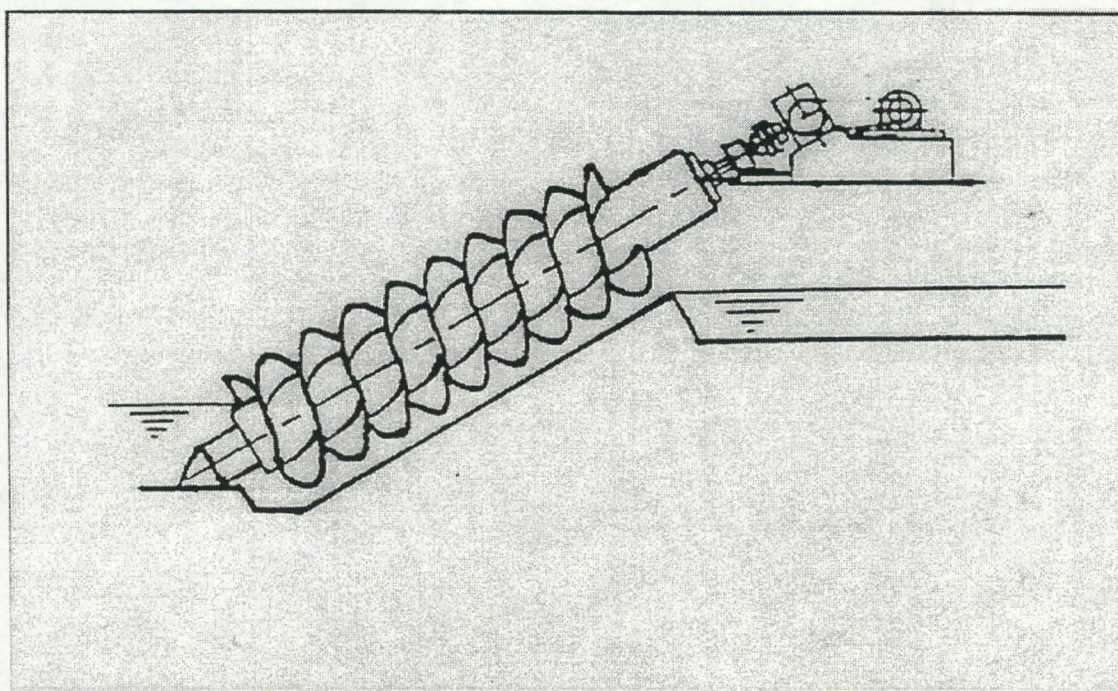
De schroefcentrifugaalpomp moeten naast elkaar opgesteld worden. Daarbij moet de afstand tussen de centrale assen van twee naast elkaar gelegen pompen 1,9 m bedragen (bijlage 11). De afstand tussen een pomp en de zijwand moet 0,9 m bedragen (bijlage 11). Daaruit volgt dat de breedte (is parallel aan ringdijk) van de betonnen bakvormige constructie 11,3 m moet bedragen. De diepte (is haaks op ringdijk) van de betonnen constructie moet 3,2 m (bijlage 11) bedragen en zoals reeds vermeld moet de constructie een hoogte van 3,0 m bedragen. Het is mogelijk dat er in de praktijk soms van de hier vermelde afmetingen moet worden afgeweken, als gevolg van situatiespecifieke omstandigheden.

Deze betonnen constructie met daarin de 6 schroefcentrifugaalpomp moet geplaatst worden direct naast de uitwateringssluis in de ringdijk. Het is om het even of dit ten noorden of ten zuiden de sluis is. Wel zal er een enkele meters brede geul naar de constructie gegraven moeten worden om een goede aanvoer van water naar het gemaal te garanderen.

9.4 Schroefvijzelgemaal

9.4.1 Principe

Een schroefvijzel bestaat uit een lange cilinder waarop bladen zijn gelast zoals de draden van een bout. (figuur 9.2) Onderaan de cilinder wordt het water “gevangen” en zodanig met elke draai van de vijzelrand naar boven gevoerd. Boven aangekomen wordt het water door middel van een goot verder afgevoerd.



Figuur 9.2: Schroefvijzel

9.4.2 Uitvoering

Eén schroefvijzel van het type Betonnen Trog heeft een maximale capaciteit van $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Om het piekdebiet van $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ te kunnen verpompen zijn er dus twee parallel opgestelde vijzels van dit type nodig. De vijzels staan opgesteld met de onderlager steunend op een gefundeerde betonnen vloer. De vijzel staat verder in een betonnen goot die is opgesteld in een hoek van 38° ten opzichte van het maaiveld. De bovenlager steunt op een betonnen constructie op de kruin van de ringdijk, hier moet tevens voorzien worden in een betonnen goot die het opgepompte water naar de GOG kant van de ringdijk leidt. Verder moet er voorzien worden in een constructie die de dijk beschermt tegen de erosieve kracht van het opgepompte water dat van de kruin van de ringdijk in het GOG stroomt.

Voor meer gedetailleerde gegevens van de schroefvijzel, type Betonnen Trog, zie bijlage 12.

9.4.3 Opstelling / positionering

De opstellingshoek van de vijzel is 38° ten opzichte van het maaiveld, dit komt overeen met een helling van 1:1,6. De geplande ringdijk zal aan de landinwaartse kant een talud van 1:4 krijgen. De vijzel staat dus steiler opgesteld dan de helling van de ringdijk. Hierdoor zijn er twee mogelijkheden voor inpassing van de vijzel in de ringdijk. Ten eerste: de bovenkant van de vijzel sluit aan bij de rest van de kruin terwijl de voet van de ringdijk daar plaatselijk smaller zal zijn. Ten tweede: de vijzel sluit aan bij de voet van de ringdijk en de kruin zal daar plaatselijk breder zijn.

Eén schroefvijzel moet opgesteld worden in een betonnen goot met binnenbreedte van 4,7 m (bijlage 12), inclusief de wandbreedte (0,4 m) aan beide zijden komt de breedte van de goot op 5,5 m. Er zijn twee van dergelijke goten nodig, waardoor de breedte van het schroefvijzelgemaal op 11 m komt. De benodigde lengte van de goot is 16,3 m. De benodigde hoogte voor de betonnen goot is 3,0 meter (bijlage 12).

Evenals bij het schroefcentrifugaalpomp(gemaal) maakt het geen verschil of het gemaal ten noorden of ten zuiden van de uitwateringssluys wordt geplaatst en is ook hier een enkele meters brede geul naar het gemaal nodig.

9.5 Vergelijking van beide gemaaltypen

In deze paragraaf worden enkele kenmerken van de gemalen met elkaar vergeleken, aan het einde van de paragraaf staat een overzichtstabel (tabel 9.1) van de behandelde kenmerken.

9.5.1 Verstoppingsgevaar

Wat verstoppingsgevaar betreft, is er bij het schroefvijzelgemaal een kleinere kans op verstopping dan bij een schroefcentrifugaalpomp(gemaal). Beide typen kunnen lang vezel vormen en dikvloeiende stoffen verpompen, echter wat vaste bestanddelen betreft raakt een schroefcentrifugaalpomp eerder verstopt dan een schroefvijzel. De schroefvijzel heeft geen enkel probleem met blikjes, plasticzakken enz. en kan zelfs houten balken met een diameter van ongeveer 0,4 m probleemloos verpompen zonder te verstopen. Een schroefcentrifugaalpomp zou bij bovenstaande voorbeelden wel kunnen verstopen. Dit nadeel van een schroefcentrifugaalpomp ten opzichte van een schroefvijzel is op te lossen door het plaatsen van vuilroosters (het is trouwens de gewoonte dat voor beide gemaaltypen vuilroosters worden geplaatst). Echter zaken als: door veeartsen weggegooide rubberhandschoenen en kleine plasticzakken, kunnen door het rooster dringen waardoor de schroefcentrifugaalpomp alsnog verstopt kan raken, schroefvijzels zijn hier ongevoelig voor (mond. med. dhr. Franken, Spaans Babcock b.v.).

9.5.2 Onderhoud

Mechanisch gezien is een schroefvijzel veel eenvoudiger dan een schroefcentrifugaalpomp. Aan een schroefvijzel hoeft minder vaak (ca. 1 keer per jaar) onderhoud gepleegd te worden

dan aan een schroefcentrifugaalpomp. Daarnaast kan het onderhoud aan een schroefvijzel verricht worden door een willekeurige monteur, terwijl het onderhoud aan een schroefcentrifugaalpomp verricht moet worden door een gespecialiseerde monteur.

De bovenlager van een schroefvijzel moet één keer in het jaar voorzien worden van vet voor de smering. De onderlager die onder water zit zal voorzien zijn van een vetpomp. Wanneer de pomp moet gaan functioneren zal eerst de vetpomp worden ingeschakeld die de onderlager van vet voorziet, drie minuten later zal de vijzel pas gaan draaien, waardoor een goede smering van de onderlager is verzekerd.

Bij een schroefcentrifugaalpomp bestaat de kans dat wanneer de pomp lang heeft stilgestaan de pomp niet aanslaat wanneer hij weer wordt ingeschakeld, bij een schroefvijzel bestaat dit gevaar niet (mond. med. dhr. Van Dam, Eekels Pompen b.v.). Dit probleem is echter eenvoudig op te lossen door het installeren van een soort tijdschakeling. Dit houdt in dat om de zoveel tijd (b.v. één keer in de maand) de pompen worden ingeschakeld, nadat zij enkele slagen hebben gemaakt, worden ze vervolgens weer uitgeschakeld.

9.5.3 Bedrijfszekerheid

Beide gemaaltypen hebben een grote bedrijfszekerheid. Mocht één van de twee schroefvijzels uitvallen dan is er altijd nog een capaciteit over die 56,2 % bedraagt van de totaal benodigde maximale capaciteit. Deze maximale capaciteit is nodig bij een Barbierbeekdebiet met een kans op voorkomen van 1 keer in de 400 jaar. Het zou een erg ongelukkige samenloop van omstandigheden zijn wanneer dit maximale debiet van de Barbierbeek samenvalt met een overstroming van het GOG-KBR als gevolg van een stormtij op de Schelde en het niet functioneren van één van de schroefvijzels. Indien het debiet van de Barbierbeek lager is dan de berekende 8,9 m³/s in een situatie waarin gepompt moet worden en één van de vijzels is uitgevallen dan is de overgebleven capaciteit hoger dan 56,2%.

In geval dat van de 6 schroefcentrifugaalpompen er één uitvalt, dan is er nog een capaciteit over van 84,3 % van de totaal benodigde maximale capaciteit, indien er twee uitvallen 67,5% en bij drie uitvallende schroefcentrifugaalpompen 50,6%. Ook hier geldt weer dat bij uitvallen van één of meerdere pompen de overgebleven capaciteit in werkelijkheid waarschijnlijk hoger zal zijn dan de hierboven aangegeven percentages.

Op basis van bovenstaande percentages lijkt een gemaal met 6 schroefcentrifugaalpompen betrouwbaarder dan een gemaal met 2 schroefvijzels. Een schroefvijzel is echter vanwege de eenvoudigere mechanische constructie minder gevoelig voor storing en uitval. Spaans Babcock b.v. geeft voor een schroefvijzel een zekerheid van functioneren van 99,99% (mond. med. dhr. Franken, Spaans Babcock b.v.) bij Eekels pompen b.v. kon geen zekerheidspercentage gegeven worden, maar aangenomen kan worden dat het percentage iets minder hoog is dan bij een schroefvijzel.

Geconcludeerd kan worden dat beide gemaaltypen een hoge bedrijfszekerheid hebben. Een schroefvijzelgemaal heeft bij gedeeltelijke uitval minder rest-pompcapaciteit dan een schroefcentrifugaalgemaal, maar een schroefvijzelgemaal is minder gevoelig voor storing en uitval dan een schroefcentrifugaalgemaal.

9.5.4 Aantasting van het aanzicht

Voor een schroefvijzel gemaal moet er een tegen de ringdijk opgestelde betonnen goot aangelegd worden waarin de schroefvijzels zichtbaar zijn opgesteld, een schroefcentrifugaalpomp staat voor het grootste gedeelte onder water opgesteld en tegen de ringdijk zijn alleen een zestal persleidingen zichtbaar. Op de kruin van de ringdijk moet voor een schroefvijzel een betonnen goot worden aangelegd die het water naar de GOG-kant van de kruin leidt, bij een schroefcentrifugaalpompgemaal zijn enkel de zes persleidingen zichtbaar op de kruin van de ringdijk. Voor beide gemaaltypen zal een zichtbare afstroomconstructie aan de GOG-zijde van de ringdijk moeten komen en ook bij beide gemaaltypen zal de aandrijfmotor zichtbaar zijn.

9.5.5 Geluidsoverlast

Zowel de aandrijfmotor als de schroefvijzel of centrifugaalpomp kunnen geluidsoverlast veroorzaken.

De schroefvijzel maakt slechts 20 rotaties per minuut, terwijl de schroefcentrifugaalpomp zo'n 3000 rotaties per minuut zal moeten maken. Hierdoor veroorzaakt een schroefvijzel minder geluidsoverlast dan een schroefcentrifugaalpomp (dit is de reden dat de schroefvijzel vaak wordt toegepast in natuurgebieden). Informatie over geluidsniveaus uitgedrukt in decibel is niet voorhanden.

De vraag is in hoeverre er bij de keuze van een gemaaltype rekening moet worden gehouden met geluidsoverlast. Er wordt vanuit gegaan dat het GOG-KBR gemiddeld slechts enkele keren per jaar zal overstromen, het pompgemaal zal dus ook gemiddeld hooguit enkele keren per jaar moeten gaan functioneren. In een straal van honderd tot honderdvijftig meter is slechts weinig bebouwing aanwezig. In hoeverre is eventuele geluidshinder die enkele keren per jaar door het gemaal veroorzaakt wordt dan een bepalende eigenschap als gekeken wordt naar het individuele belang van deze kleine groep van directe omwonenden en het algemene belang van de beveiliging?

9.5.6 Schade aan vissen

Uit Germonpré (1994) blijkt dat na blootstelling aan een centrifugaalpomp er minder mortaliteit bij vissen wordt veroorzaakt dan bij een schroefvijzelgemaal. Niet dodelijke beschadigingen echter worden vaker veroorzaakt door een centrifugaalpomp dan door een vijzelpompgemaal. Het betreft hier dan voornamelijk vinschade. Ook wordt in het rapport vermeld dat visschade mede afhankelijk is van de vissoort, visgrootte en gemaalgrootte. Verder blijkt dat hoe groter de schroefvijzel, des te kleiner de kans op visschade. Daar het hier een zeer grote schroefvijzel betreft zal de visschade relatief beperkt blijven. Gesteld kan worden dat beide pomptypen visschade zullen veroorzaken, waarbij een schroefvijzel mogelijk de meeste schade zal aanrichten. Echter door de grote afmetingen van de schroefvijzel zullen de omvang van de visschade veroorzaakt door beide gemaaltypen elkaar niet veel ontlopen.

Het gemaal zal gemiddeld enkele keren per jaar moeten functioneren en zal dus slechts incidenteel, gedurende een korte periode in werking zijn. Het is dan de vraag in hoeverre er rekening moet worden gehouden met de gevolgen voor vissen bij het passeren van het gemaal. Indien men verwacht dat het gemaal toch grote schade zal veroorzaken aan vispopulaties, zal er onderzocht moeten worden op welke manier, bijvoorbeeld met roosters, deze schade beperkt of voorkomen kan worden, zonder dat de pompwerking wordt gehinderd.

9.6 Conclusies

Het is technisch mogelijk om met zowel een schroefvijzelgemaal als met een schroefcentrifugaalpompgemaal het water van de Barbierbeek over de ringdijk heen te pompen in het geval dat door het overstromen van het GOG-KBR het beekwater de uitwateringssluis in de ringdijk niet meer kan passeren.

Voor de eigenschappen: verstoppingsgevaar, onderhoud en geluidsoverlast verdient het schroefvijzelgemaal de voorkeur boven het schroefcentrifugaalpompgemaal.

Voor de eigenschap: aantasting van het aanzicht, verdient het schroefcentrifugaalpompgemaal de voorkeur boven het schroefvijzelgemaal.

Voor de eigenschappen: bedrijfszekerheid en schade aan vissen is er geen duidelijk verschil voor beide gemaaltypen.

Een overzicht van de beschouwde eigenschappen wordt weergegeven in tabel 9.1:

Eigenschap	Schroefcentrifugaal-pompgemaal	Schroefvijzel-pompgemaal
verstoppingsgevaar	-	+
onderhoud	-	+
bedrijfszekerheid	?	?
aantasting aanzicht	+	-
geluidsoverlast	-	+
schade aan vissen	?	?
+ = duidelijk positief verschil ten opzichte van het andere gemaaltype		
- = duidelijk negatief verschil ten opzichte van het ander gemaaltype		
? = geen duidelijk positief of negatief verschil ten opzichte van het andere gemaaltype		

Tabel 9.1: Overzichtstabel van de beschouwde eigenschappen voor beide gemaaltypen.

9.7 Kritische opmerkingen en suggesties

Er is in deze studie gekeken of het technisch mogelijk is om met behulp van een pompgemaal het water van de Barbierbeek over de ringdijk te pompen wanneer het GOG-KBR in werking is getreden en de afwatering van de Barbierbeek in het gedrang komt. Daarbij is uitgegaan van algemene informatie over de twee beschouwde pomptypen en de voorwaarden waaraan voldaan moet worden. Het blijkt dat pompen technisch mogelijk is, maar wanneer er gekozen wordt voor de variant pompen, dan zal er verder aanvullend onderzoek nodig zijn. Dat onderzoek zal dan voornamelijk gericht moeten zijn op het precieze pomptype (ook andere merken, dan de twee hier behandelde typen zullen in beschouwing moeten worden genomen) en de inpassing van het pomptype (precieze opvoerhoogte, fundering enz.) Daarnaast zal er ook gekeken moeten worden naar de mogelijkheden voor het regelen van het pompdebiet. Dit kan bij de schroefcentrifugaalpompen door het laten werken van minder pompen en bij de schroefvijzel door het plaatsen van schotten. Het is zo dat de beschouwde schroefvijzel water kan verpompen dat zich tussen het tastpunt (niveau TP in bijlage 12) en het 2,53 m hogere vulpunt (niveau FP in bijlage 12) bevindt. Onder niveau TP is de pompcapaciteit 0% en op het niveau FP is de capaciteit 100%, door middel van schotten kan de capaciteit geregeld worden. Daarnaast is er een ruim aanbod aan aandrijfmotoren, die ieder hun eigen specifieke kenmerken hebben (onder andere wat betreft bedrijfszekerheid, energieverbruik en geluidshinder). Welk type aandrijfmotor in deze situatie het meest geschikt is, zal verder onderzoek moeten uitwijzen. Verder zal er ook nog gekeken moeten worden naar de plaatsing van vuilroosters (waar, hoeveel, welke maasgrootte, enz.) en het voor dat roostertype benodigde onderhoud (zoals het schonen van de roosters). Een ander belangrijk punt voor verder onderzoek is de manier en het moment waarop de pomp moet worden ingeschakeld. Is dit het moment waarop de uitwateringssluiss in de ringdijk niet langer meer passeerbaar is, of bij een bepaalde waterstand van de Barbierbeek? Het zou een goede overweging kunnen zijn om het gemaal te laten gaan functioneren bij een vooraf bepaalde waterhoogte op de Barbierbeek juist voor de uitwateringssluiss in de ringdijk. Hierdoor gaat de pomp niet alleen functioneren in een situatie dat de Barbierbeek de uitwateringssluiss in de ringdijk niet meer kan passeren, maar ook in het geval dat door een zeer hoog Barbierbeekdebiet de waterstand dermate hoog wordt dat nabij gelegen woningen met wateroverlast worden bedreigd. Er zal onderzoek gedaan moeten worden om erachter te komen vanaf welke waterhoogte deze bebouwing bedreigd wordt.

Onderstaand worden nog enkele kritische opmerkingen of suggesties geplaatst bij enkele van de beschouwde randvoorwaarden en kenmerken.

Pompcapaciteit

Er wordt uitgegaan van een maximale pompcapaciteit van $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Een dergelijk groot debiet kan zonder problemen de geplande uitwateringssluits in de ringdijk passeren. Het is echter maar de vraag in hoeverre een dergelijk debiet geen problemen stroomopwaarts van het GOG zal veroorzaken. De kans is groot dat (een aantal van) de duikers die gelegen zijn in het traject van de Barbierbeek stroomopwaarts van het GOG niet zijn gedimensioneerd op een dergelijk groot debiet, waardoor er op deze plaatsen als gevolg van opstuwing wateroverlast kan optreden. Daarnaast zijn er nog geen gegevens over de relatie tussen debiet van de Barbierbeek en waterhoogte bij dat debiet. Het is mogelijk dat bij een debiet van $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ de waterstand op de Barbierbeek zo hoog is dat er plaatsen zijn, stroomopwaarts van het GOG, waar de Barbierbeek buiten zijn oevers treedt.

Of er werkelijk wateroverlast zal optreden bij een debiet van $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (of al bij een lager debiet), zal aanvullend onderzoek moeten uitwijzen. Mocht dat inderdaad het geval zijn, dan kunnen oplossingen zijn: het vervangen van duikers met een te kleine capaciteit door duikers met een voldoende capaciteit en/of het plaatselijk verhogen van de Barbierbeekoevers met behulp van een laag dijkje. Dit kan echter in strijd zijn met de beschermde status van de middenloop van de Barbierbeekvallei. In die situatie kan er gedacht worden aan het aanleggen van enkele kleine bufferzones langs de middenloop van de beek. Deze zones kunnen door hun drassige karakter en een juiste inrichting, dan tevens een rol spelen bij de uitbreiding van de natuurwaarden van de middenloop.

Bedrijfszekerheid

De bedrijfszekerheid voor beide gemaaltypen is goed te noemen. Er is een zeer geringe kans, dat door een ongelukkige samenloop van omstandigheden er problemen optreden. Om hier deels tegen bewapend te zijn, kan er gedacht worden aan de aanleg van een soort bufferbekken bij de ringdijk. Dit bekken staat normaal droog, maar wanneer één of meerdere vijzels/pompen niet functioneren en het waterpeil van de Barbierbeek zo hoog komt dat aanliggende bebouwing wordt bedreigd, moet het bekken vol stromen. Door de bufferende werking ontstaat er tijd om de pompen te repareren of de overgebleven rest-pompcapaciteit samen met de buffercapaciteit van het bekken is groot genoeg voor de beveiliging van het aanliggende gebied of beperking van de schade. Omdat het bufferbekken normaal gesproken nooit onder water komt te staan, kan er zonder problemen landbouw of recreatie (b.v. visputten) plaatsvinden.

Inrichtingsvarianten ten behoeve van natuurontwikkeling

Dit deel gaat over de inrichtingsmogelijkheden van het GOG-KBR ten behoeve van natuurontwikkeling. Daarbij is vooral rekening gehouden met natuurontwikkelingsperspectieven van het gebied dat onder invloed van de Barbierbeek komt te staan. Er is van uitgegaan dat de waterkwaliteit van de Barbierbeek dusdanig is verbeterd dat deze natuurontwikkeling binnen het GOG niet tegen werkt, zoals dat in de huidige situatie wel zou zijn.

Op dit moment wordt het invloedsgebied van de beek beperkt doordat deze is gelegen tussen dijken met een hoogte van 4,00 m TAW. Daarnaast kunnen de mogelijkheden voor natuurontwikkeling worden beperkt, door de functies die het omliggende gebied in de toekomst moet gaan krijgen.

Het hoogste natuurrendement zal bereikt worden wanneer de Barbierbeek wordt 'bevrijd' van de bedijking en het ontstane invloedsgebied de functie natuur krijgt. Omdat er op dit moment nog geen keuze is gemaakt over de bestemming van het te realiseren GOG is er bij de varianten uitgegaan van gradaties in invloedsgebied van de Barbierbeek. Met de uitwerking van de varianten is ervan uitgegaan dat natuurontwikkeling geen enkele invloed mag hebben op de werking van het GOG ten aanzien van de veiligheid.

Het minst ingrijpend is de variant: **Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking** (hoofdstuk 10). In deze variant wordt gekeken naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling binnen de genoemde dijken van 4,00 m TAW. De huidige functie van dit gebied is volgens het gewestplan reeds natuur. Deze variant heeft geen consequenties naar de overige functies van het omliggende gebied. De huidige functie land- en bosbouw kan gehandhaafd blijven, ook kan er een andere functie worden toegekend.

In figuur A is het invloedsgebied van de Barbierbeek in deze variant weergegeven.

Meer ingrijpend is de variant: **Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek** (hoofdstuk 11). In deze variant wordt de noordelijke dijk afgegraven, zodat het invloedsgebied van de Barbierbeek groter wordt en daarmee ook de ruimte voor natuurontwikkeling. De functie land- en bosbouw komt te vervallen in het extra gecreëerde invloedsgebied. Voor de omringende gebieden die geen invloed van de Barbierbeek ondervinden kunnen de huidige functies behouden blijven, maar er kunnen ook andere functies aan gegeven worden.

In figuur B is het invloedsgebied van de Barbierbeek bij deze variant weergegeven.

Het meest ingrijpend is de variant: **Dynamische Barbierbeek** (hoofdstuk 12). In deze variant wordt de noordelijke en ongeveer de helft van de zuidelijke dijk afgegraven, waardoor het invloedsgebied van de Barbierbeek sterk toeneemt en er veel ruimte voor natuurontwikkeling ontstaat. De functie land- en bosbouw in het extra gecreëerde invloedsgebied van de Barbierbeek komen volledig te vervallen.

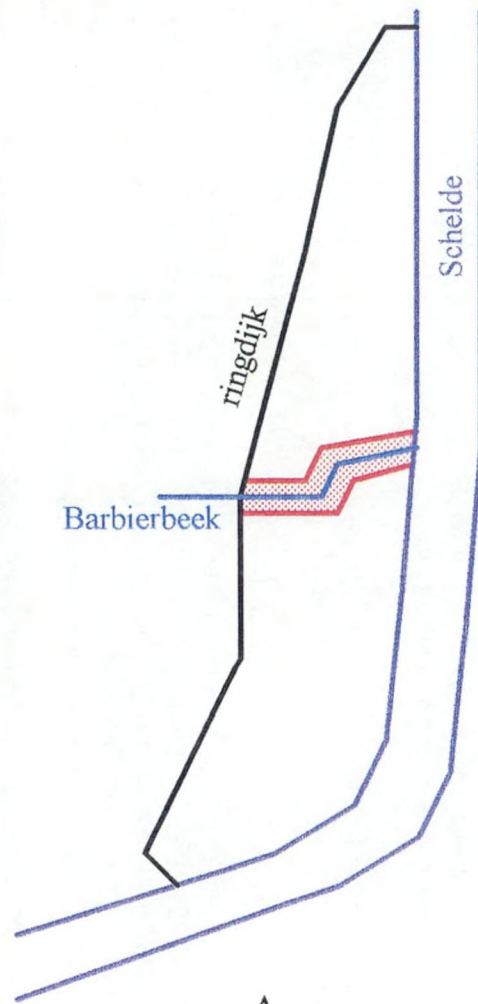
Binnen deze variant worden twee beheersvarianten bekeken, namelijk:

- **Dynamische Barbierbeek** (zonder de invloed van GGG), in de gebieden buiten het invloedsgebied van de beek, kunnen de huidige functies land- en bosbouw gehandhaafd blijven.
- **Dynamische Barbierbeek met de invloed van GGG**, in het omliggende gebied kunnen de huidige functies niet behouden blijven, het gebied krijgt de functie natuur.

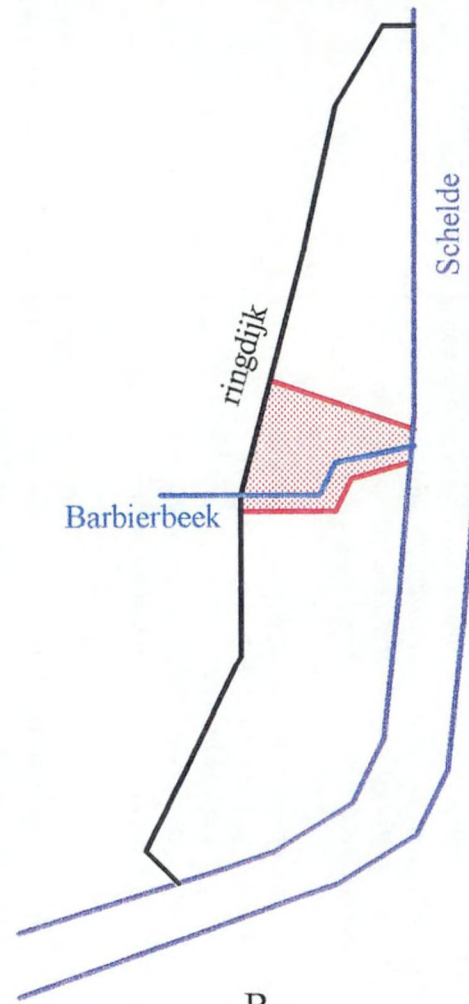
De figuur op de volgende pagina laat het invloedsgebied van de genoemde beheersvarianten zien.

Na iedere uitwerking van een inrichtingsvariant is er een "Artist Impression" van de betreffende variant opgenomen.

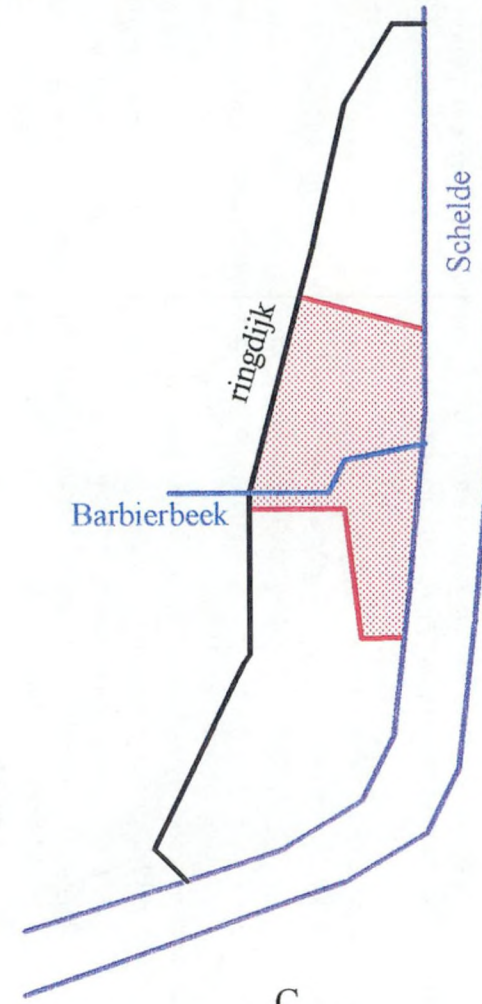
invloedsgebied van de drie inrichtingsvarianten



A
Natuurontwikkeling binnen
de huidige bedijking



B
Ruimte voor meer
natuurlijke Barbierbeek



C
Dynamische Barbierbeek

10. Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking

10.1 Principe

In deze variant blijven de dijken, die rond de Barbierbeekvallei liggen, behouden. Op basis van de huidige natuurwaarde en -potenties in de Barbierbeekvallei worden mogelijkheden beschreven om de natuurwaarde te vergroten. Deze variant kan als start van de natuurontwikkeling binnen het GOG-KBR worden toegepast.

10.2 Streefbeeld

Ontwikkeling van de potenties die de Barbierbeek heeft, zodat er een gebied ontstaat met soortenrijk vochtig grasland, elzenbos en brede rietkragen.

10.3 Huidige situatie

De beschrijving van de huidige situatie is gebaseerd op de Biologische WaarderingsKaart (BWK 15-7, schaal: 1/25.000 en BWK 15-7 noord, schaal: 1/10.000) (Blust *et al*; 1985) van het gebied, op mondelinge mededelingen van mevr. Van den Balck (Instituut voor Natuurbehoud) en op eigen waarnemingen.

Op de BWK wordt de Barbierbeekvallei (figuur 44) als 'biologisch zeer waardevol' gekarteerd. Er wordt melding gemaakt van de volgende elementen:

- Kd: bomenrij
- Ae: eutrofe plas
- Vn: nitrofiel alluviaal elzenbos
- Lh: populierenaanplant op vochtige plaatsen
- Hu: mesofiel hooiland

In figuur 44 is de plaats van de verschillende vegetaties aangegeven, de kaart is op basis van de BWK (nr. 15-7 noord, schaal 1/10.000) van het gebied. Bijlage 13 geeft een soortenlijst van de alle vermelde soorten in de hoofdstukken van deel 4.

In de vallei worden de *bomenrijen* teruggevonden op de dijken, deze bestaan uit Canadapopulieren.

De Kruibeekse Kreek wordt gekarteerd als *eutrofe plas*, de oevers ervan zijn niet vastgelegd. Op de plaats waar de Barbierbeek in de kreek uitkomt is de kreek erg opgeslibd, waarschijnlijk veelal rioolslib. In droge perioden komt het praktisch onbegroeide slib droog te staan, het water van de Barbierbeek gaat dan via enkele geultjes naar het diepere gedeelte van de kreek. De grens tussen het ondiepe en het diepe gedeelte wordt in figuur 44 weergegeven door een stippellijn. De kreek gaat na het diepere gedeelte weer over in een beek, waarvan de oevers ook niet zijn vastgelegd. Dit heeft afkalvende oevers tot gevolg, wat vooral aan het hooiland langs de noordelijke dijk duidelijk te zien is.

Op de laaggelegen vochtige oevers langs de zuidelijke dijk ligt het *nitrofiel alluviaal elzenbos* gemengd met *populierenaanplant op vochtige plaatsen*. De ondergroei bestaat voornamelijk uit brandnetels, dicht tegen de kreek aan staan ook enkele dotterbloemen en pinksterbloemen. De oevers waarop de elzen en populieren staan worden doorsneden door smalle ondiepe slootjes, die alleen bij een hogere waterstand in de Kruibeekse Kreek vollopen.

De noordelijke en zuidelijke dijk worden als *mesofiel hooiland* gekarteerd.

Op de oever van de beek langs de noordelijke dijk bevindt zich een mesofiel cultuurgrasland, dat als Hp (*graasweide met Engels raaigras en witte klaver*) gekarteerd kan worden. Dit kan worden geconcludeerd uit de soortenlijst die door Van den Balck is samengesteld (bijlage 14). De gevonden soorten duiden op een ernstig verstoord systeem, het lijkt erop dat het grasland pas is geëgaliseerd en dat er inzaaiing met Engels raaigras heeft plaatsgevonden. De oever ligt

hoger dan de oever langs de zuidelijke dijk (De Blust *et al.*, 1985) (mond. med. mevr. Van den Balck, Instituut voor Natuurbehoud).

10.4 Voorgestelde ingrepen

Het eerste gedeelte van de Barbierbeek dat binnen het GOG loopt, ligt tussen de dijken ingeklemd (± 400 m) (figuur 2). De ruimte voor natuurontwikkeling is daardoor zeer beperkt, mede doordat de oevers zijn vastgelegd om de dijken te beschermen. Om deze reden worden er voor dit gedeelte van de Barbierbeekvallei geen voorstellen gedaan m.b.t. natuurontwikkeling. Nadat de Barbierbeek de Kruibeekse Kreek is binnengekomen is er voor natuurontwikkeling meer ruimte. De maatregelen zullen dan ook alleen over het gedeelte gaan na binnenkomst in de Kruibeekse Kreek tot aan de Scheldedijk, dit is een oppervlakte van ongeveer 10 ha.

De slechte waterkwaliteit van de Barbierbeek is een grote beperking voor de ontwikkeling van de natuur in de vallei. De potenties, in de vorm van vochtige gebieden, ondiep water en grasland, zijn aanwezig. Hierna worden maatregelen beschreven die de natuurwaarde ondanks de slechte (huidige) waterkwaliteit kunnen verbeteren. Deze hebben alleen betrekking op het grasland dat tegen de noordelijke dijk ligt, aangezien er voor de andere elementen bij de huidige waterkwaliteit geen verbeteringen verwacht mogen worden.

Daarna worden maatregelen beschreven die genomen zouden kunnen worden als de waterkwaliteit van de Barbierbeek verbetert.

10.4.1 Huidige waterkwaliteit van de Barbierbeek

Het mesofiel cultuurgrasland (1 in figuur 44) ligt ten opzichte van het waterpeil in de beek hoog en is daardoor relatief droog. Dit is een belemmering voor een optimale ontwikkeling van een soortenrijker grasland. Een verlaging van het gebied tot bijvoorbeeld het niveau van de oever langs de zuidelijke dijk heeft vernatting van het grasland tot gevolg. Het afgraven heeft echter een verruiging van het grasland in de eerste jaren tot gevolg, waarin een dominantie van Grote brandnetel, Akkerdistel en andere ruigtekruiden te verwachten is (mond. med. mevr. Van den Balck, Instituut voor Natuurbehoud).

Niet alleen vernatting van het gebied is dus nodig voor de ontwikkeling van het grasland, ook zal een afgestemd maaibeheer moeten worden toegepast. Door verruiging ten gevolge van het afgraven van de oever kan Grote brandnetel zeer dominant worden, vooral in stikstofrijke omstandigheden. Een maaibeheer dat die situatie kan voorkomen is maaien in juli en september. Andere voordelen van dit maaibeheer zijn:

- meerdere dominante soorten
- minder schommelingen in het voorkomen van een soort
- kans op toename van het aantal soorten (Bakker, 1980)

Als beide maatregelen worden genomen, worden de omstandigheden voor de ontwikkeling naar een Hp* gecreëerd. In dit type grasland komen Gestreepte witbol, Timoteegras en Veldzuring vrij frequent voor. In de ondergroei van het elzenbos met populierenaanplant zijn onder andere pinksterbloemen gevonden, die zouden zich ook op het grasland kunnen vestigen. Na meerdere jaren Hp* kunnen Dotterbloem en Echte Koekoeksbloem zich vestigen, Echte Koekoeksbloem is in de polder van Kruibeke al gesignaleerd. Het grasland zou dan als Hc gekarteerd kunnen worden. Dit staat voor een halfnatuurlijk en vochtig grasland (De Blust *et al.*, 1985) (mond. med. mevr. Van den Balck, Instituut voor Natuurbehoud)

10.4.2 Goede waterkwaliteit van de Barbierbeek

Als de waterkwaliteit van de Barbierbeek verbeterd is, betekent nog dit niet dat de waterkwaliteit van de kreek van dezelfde kwaliteit wordt. Het slib in het eerste gedeelte van de kreek is waarschijnlijk zwaar vervuild met nutriënten. Bij een verbeterde waterkwaliteit van de Barbierbeek zal het slib deze nutriënten gaan naleveren, waardoor de kreek eutroof blijft. Het is daarom raadzaam het nutriëntrijke slib te verwijderen en de kreek uit te diepen tot het niveau

van nutriëntarm slib. Vooraf moet onderzoek plaatsvinden naar dit niveau, waardoor er een schatting gemaakt kan worden van de hoeveelheid verontreinigd slib. Het verwijderen van het slib kan met een hijskraan plaatsvinden. Het opnieuw vormen van flauwe oevertaluds wordt overgelaten aan natuurlijke sedimentatieprocessen. De oevers van de kreek zijn in principe zeer geschikt voor riet, er groeit echter maar sporadisch riet langs de oevers. Wat hiervan de reden is valt moeilijk te zeggen. Het zou kunnen zijn dat het slib zeer fijn van structuur is waardoor er anaërobe omstandigheden ontstaan die funest zijn voor het riet. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen. Het is mogelijk dat het reeds gevestigde riet zich zal gaan uitbreiden, dan zijn brede rietkragen langs de oevers van de kreek te verwachten. De uitbreiding van het riet is zeker te verwachten bij een verbeterde waterkwaliteit van de Barbierbeek en na verwijdering van het nutriëntrijke slib. Ook mag dan ontwikkeling van freolyten als waterlelies en waterpest verwacht worden (mond. med. dhr. Hoffman, Instituut voor Natuurbehoud).

10.5 Conclusie

Een significante verbetering van de natuurwaarden op basis van de huidige waterkwaliteit en binnen de huidige bedijkingen van de Barbierbeek is niet mogelijk. Indien een verbetering van de waterkwaliteit van de Barbierbeek optreedt, biedt dit goede kansen voor natuurontwikkeling in de Barbierbeekvallei, een hogere natuurwaarde wordt dan ook verwacht.

10. 6 Discussie

Slechts indien de waterkwaliteit van de Barbierbeek verbeterd zijn er mogelijkheden voor natuurontwikkeling te verwachten. Als deze variant wordt gebruikt als startfase van natuurontwikkeling wordt er voor de vervolgfases uitgegaan van een aanwezige goede waterkwaliteit als vereiste.

Indien in een latere fase de omliggende polders een GGG of andere vorm van natuurontwikkeling wordt toegelaten, worden er ten behoeve van de natuurlijke begrazing van het gebied herbivoren uitgezet (hoofdstuk 4). Het voorgestelde maaibeheer voor het mesofiel cultuurgrasland komt dan te vervallen en zal worden overgenomen door de herbivoren. De begrazingsdruk van deze grazers op de diverse gebieden wordt bepaald door een groot aantal factoren, de ontwikkeling van het grasland in die situatie is dan ook nauwelijks te voorspellen.



11. Ruimte voor meer natuurlijke Barbierbeek

11.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft een inrichtingsvariant van het GOG-KBR waarbij de Barbierbeek wordt opgenomen in het GOG. De inrichting voorziet in gedeeltelijk vrije ontwikkelingsmogelijkheden voor de Barbierbeek binnen het Kruibeekse deel van het GOG, waarbij de huidige gebiedsfuncties deels gehandhaafd blijven. Deze variant kan dan ook als vervolgfase op de startfase (hoofdstuk 10) worden toegepast.

De ontwikkelingen zullen beperkt blijven binnen het gebied tussen de zuidelijk Barbierbeekdijk en de Nieuwe Gaanweg. Deze huidige landbouwgronden zullen bij de toekenning van de functie natuur onteigend moeten worden. Bij deze inrichtingsvariant is er geen sprake van de invoering van een gecontroleerd gereduceerde getijden (GGG) (hoofdstuk 4), opdat de functie landbouw in een groot deel van de polder gehandhaafd zou blijven. Technisch gesproken is het wel mogelijk een GGG in te voeren, de natuurlijke ontwikkeling die dan ontstaat zal niet beperkt blijven tot een klein deel van de Kruibeekse polder maar zich uitspreiden over de gehele polder. Het beeld dat hier bij hoort, benadert sterk de omschrijving zoals deze in hoofdstuk 12 gegeven is.

Om de inrichting met ruimte voor meer natuurlijke ontwikkeling te kunnen realiseren worden een aantal ingrepen uitgevoerd als het verplaatsen en afvlakken van bepaalde trajecten van de noordelijke Barbierbeekdijk en het geheel verwijderen van andere delen van deze dijk. Hierdoor wordt het invloedsgebied van de beek in de Kruibeekse polder sterk vergroot. Door ophoging van de Nieuwe Gaanweg wordt een scheiding gecreëerd tussen het invloedsgebied van de beek en de agrarische gronden.

Naast de algemeen geldende randvoorwaarden voor de inrichting van het GOG-KBR zoals deze staan vermeld in de inleiding van dit deel, Deel 4, zijn er nog enkele specifieke randvoorwaarden die gelden voor deze inrichtingsvariant:

- De beek moet uiteindelijk uitkomen bij de uitwateringssluis naar de Schelde. Er moet aldus worden voorkomen dat het laatste beektraject afbuigt van de locatie van de uitwateringssluis.
- De zuidelijke Barbierbeekdijk moet op de huidige plaats behouden blijven en de garantie bieden dat de landbouwgronden in de polder van Basel bij een verhoogd beekdebiet niet onder water komen te staan. Dit is namelijk een laaggelegen gebied dat moeilijk af te wateren is.
- De landbouwgronden in de polder boven de Nieuwe Gaanweg moeten bruikbaar blijven als agrarisch gebied. Daarom zal er in een scheiding tussen invloedsgebied van de beek en agrarische gronden in de Kruibeekse polder moeten worden voorzien.

11.2 Streefbeeld

In deze variant wordt gestreefd naar ruimte voor ontwikkeling tot een meer natuurlijk beekstelsel dat echter gebonden is aan andere gebiedsbelangen, als de huidige agrarische en recreatieve functie en de toekomstige functie als GOG. Het streefbeeld dat de uiteindelijke wenselijke situatie beschrijft luidt:

“Een meer natuurlijke benedenloop van de Barbierbeek waarin de processen erosie en sedimentatie vrij spel hebben. In en langs de beek zijn afwisselend stilstaand en stromend water, diepe en ondiepe stukken te vinden. Langs de nat-droog gradiënt komen verschillende vegetatietypen voor als zeggesoorten, riet, wilgenstruweel en elzenbroekbos.

In de beek komen dieren voor die aangepast zijn aan de stroomsnelheden en perioden van droogte en overstromingen. Enkele voorkomende dieren zijn³ : de Kokerjuffer, de

³ De latijnse benamingen van de in deze tekst vermelde soorten staan vermeld in bijlage 13

Rivierdonderpad, het Bermpje, de Beekschaatsenrijder en de Beekprik. Bij een hoog bovendebiet treedt de beek buiten haar oevers en inundeert de omliggende gronden met water van een goede kwaliteit. Op en langs de oevers zijn de beekbegeleidende loofhoutbossen afgewisseld met moerassige zones en struwelen. Dominante soorten in het loofhout zijn de Grauwe wilg, de Els en de Vlier die nu ook al in het gebied aanwezig zijn. In de kruidlaag komen Witteklaverzuring, Moeraszegge, Scherpe zegge en Pinksterbloem voor. Hier vinden ook de Grote gele kwikstaart en de IJsvogel een geschikt broedbiotoop. In de moerassige zones zullen de grote helofyten soorten als Pluimzegge en Riet overheersen. De oevers langs de beek zijn grotendeels niet kunstmatig vastgelegd zodat de beek meanders kan vormen. Op de lagere delen van het geïnundeerde gebied zal water in poelen blijven staan. De voormalige weilanden kunnen zich hier ontwikkelen tot gronden met een typische hooilandvegetatie. Overstroming met slibrijk water en een maaibeheer zijn hiervoor een vereiste. Een natuurlijke bezetting met begrazers als runderen en paarden kan een vorm van dit “maaibeheer” zijn. In de bloemrijke hooilanden kunnen soorten voorkomen als Dotterbloem, Echte koekoeksbloem, en Moeras-vergeet-mij-nietje. De Kruibeekse kreek vormt een ondiepe waterplas met brede oeverstroken waarin de beek haar snelheid verliest. Bij een hoge afvoer van de beek kan ook de kreek buiten haar oevers treden en het achterliggende land inunderen. De verhoogde Nieuwe Gaanweg voorkomt dat het uittredende water de andere delen van de Kruibeekse polder bereikt. Op de overgang naar de zuidelijke dijk en de donk in de Bazelse polder, komen loofbos, struwelen en zeggevegetaties voor. De reeds aanwezige Canadapopulieren kunnen zich bij een niet al te groot overspoelingsregime wellicht handhaven evenals de eiken die momenteel op de donk staan. Vanaf hier kan de natuurminnende bezoeker het gebied overzien.

11.3 Voorgestelde ingrepen

De ingrepen die in het gebied worden voorgesteld zijn verdeeld over vier trajecten en enkele enigszins afzonderlijke ingrepen. In deze paragraaf worden de trajecten afzonderlijk behandeld en wordt er ingegaan op de benodigde ingrepen en de materiaalkeuze. De situering van de ingrepen in het gebied is weergegeven in figuur 45. Indien deze variant wordt toegepast als tussenliggende fase voor de natuurontwikkeling in de polders zijn een aantal van de hieronder genoemde ingrepen niet nodig. Dit zal dan uitdrukkelijk bij de bespreking van de ingrepen worden aangegeven.

Alle afstanden en maten die in dit hoofdstuk worden vermeld, zijn opgemeten van kaartenmateriaal van AWZ, de Afdeling Zeeschelde met een schaal van 1:2500.

De berekeningen die voor de hoeveelheden grondverzet bij de voorgestelde ingrepen zijn gemaakt staan in bijlage 15. In bijlage 15 staan de berekende waarden, maar vanwege de ruwheid worden in de tekst de getallen naar een honderdtal afgerond.

Begrenzing van het gebied

De ingrepen vinden plaats in het gebied tussen de zuidelijke Barbierbeekdijk en de Nieuwe Gaanweg. De oppervlakte van het gebied is ongeveer 60 ha. In tabel 3.1 staan enkele karakteristieken van de beek en de kreek in het gebied vermeld. Het gebied kan worden gezien als uitgestrekte ‘bovenwaterberm’ van de beek, dit is het gebied dat onder water kan komen als de beek een verhoogde afvoer heeft. De Nieuwe Gaanweg bevindt zich op de scheiding tussen bovenwaterberm van de beek en de agrarische gronden. Wanneer dit baantje wordt verhoogd kan worden voorkomen dat de beek de polder verder overspoeld.

De nieuw aan te leggen uitwateringssluuis van de Barbierbeek naar de Schelde is gelijk aan de andere geplande uitwateringssluizen in het Kruibeekse deel van het GOG, zie figuur 11. Volgens figuur 4.1 kan de beek in deze situatie gemiddeld gedurende 4 uren van de getijdencyclus op de Schelde lozen. Wanneer een overtromingsfrequentie voor de agrarische

gronden met beekwater van eens op de 50 jaar wordt getolereerd, kan gerekend worden met een debiet van de Barbierbeek van $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabel 6.6). Gedurende de 8 uren dat de beek per getijdencyclus gemiddeld niet kan lozen wordt dan 164.160 m^3 aangevoerd. Verdeeld over ongeveer 60 ha betekent dit een waterlaag van 0,3 m. De hoogste delen van het gebied liggen op 1,5 TAW, wanneer dit als gemiddelde hoogte wordt aangenomen betekent dat een waterpeil van 1,8 m TAW. Ophogen van de Nieuwe Gaanweg tot 1,8 m TAW (huidige hoogte: 1,34-1,94 m TAW, als gemiddelde wordt 1,5 m TAW aangehouden) is dan voldoende om de agrarische gronden tegen het beekwater te beschermen. De lengte van de Nieuwe Gaanweg is ongeveer 950 m en de hoeveelheid grond die nodig is voor de verhoging ervan bedraagt ongeveer 700 m^3 . De grond die in het gebied vrij komt bij het uitvoeren van de andere ingrepen als hieronder beschreven kan gedeeltelijk worden aangewend om deze verhoging uit te voeren.

Traject 1

Omschrijving:

In de huidige situatie liggen de dijken rond de beek op een afstand van gemiddeld 30 m van elkaar. Hierbinnen zijn de oevers van de beek volledig opgeslibd tot een maximale hoogte van 2,6 m TAW. In dit traject worden het profiel en de oever van de beek aan de noordzijde afgevlakt. Op deze manier wordt een potentieel vegetatierijke ondiepwaterzone verkregen. Meer vrijheid voor de beek resulteert in meer erosie aan de beekloop. De zuidelijke dijk mag hier niet door worden aangetast en wordt daarom preventief beschermd met natuurlijke materialen.

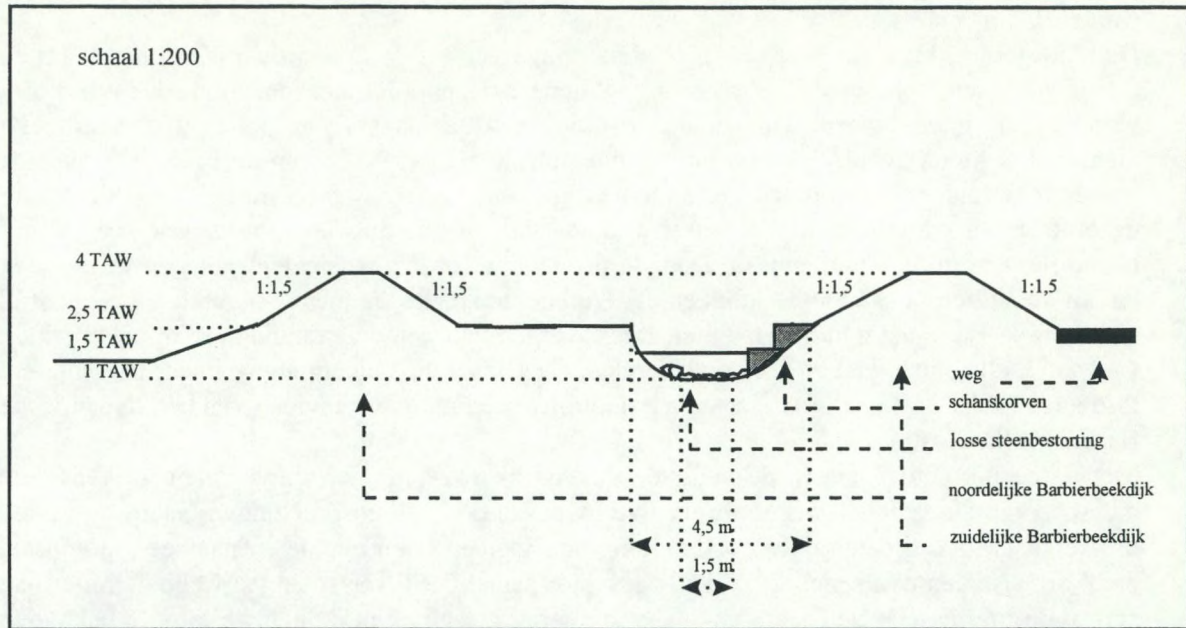
Gebaseerd op het bovenstaande worden voor traject 1 de volgende ingrepen voorzien:

- a) verstevigen van de zuidelijke dijk met natuurlijke materialen
- b) afgraven van de noordelijke dijk

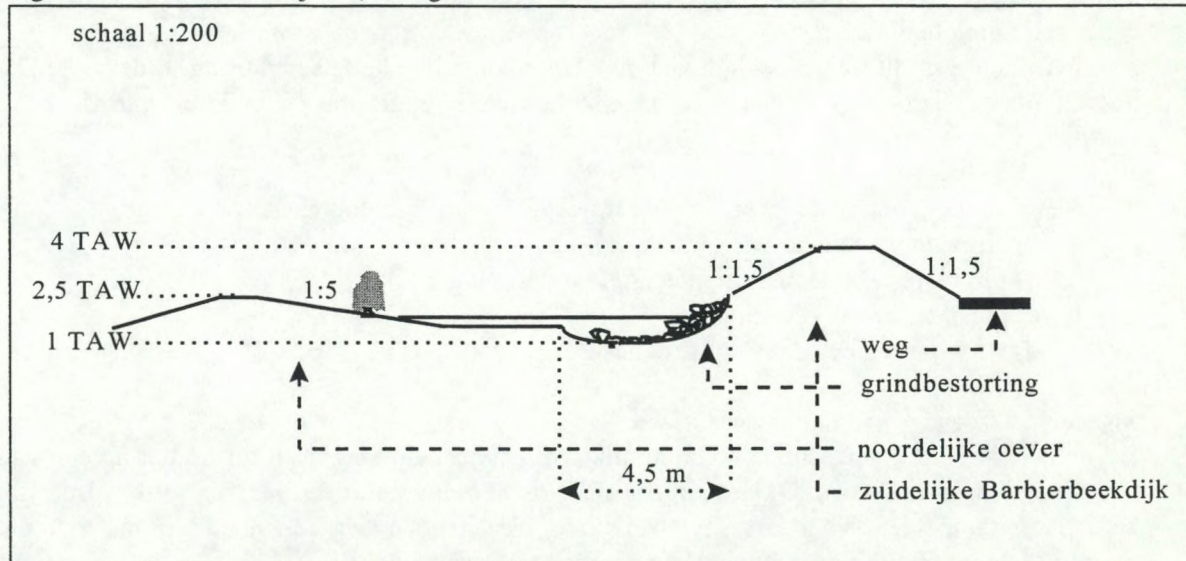
Ingrep 1a: verstevigen van de zuidelijke dijk met natuurlijke materialen

Doordat de huidige loop van de beek direct onderlangs de zuidelijke dijk loopt, mag verwacht worden dat aanvallen van de beek op deze oever voor erosie zullen zorgen. Gezien de huidige oeverbescherming is dit reeds het geval. De zuidelijke oever moet behouden blijven en daarom zal er een oeverbescherming worden aangebracht. Er zijn een aantal alternatieven voor de huidige statische en niet natuurvriendelijke oeverbescherming van de zuidelijke dijk, de zogeheten "schanskorven", zoals houtbeschoeiingen en losse steen- of grindbestorting. In bijlage 16 staan de karakteristieken van de verschillende alternatieven ter bescherming van oevers.

De bescherming van de zuidelijke Barbierbeekdijk moet in elk geval de aanvallen van de erosie over een langere periode kunnen weerstaan. Vanwege dit criterium valt het gebruik van rijshout en/of Europees hout af. Deze materialen zijn weliswaar relatief goedkoop, maar veel gevoeliger voor erosie en worden om deze redenen vaak toegepast in voorlopige oeverbeschermingen. Het gebruik van een duurdere, maar ook duurzamere steen- of grindbestorting is op dit traject meer aan te bevelen. Aangezien de beek over het wateroppervlak gemeten 4 tot 4,5 m breed is, wordt gekozen voor een lichtere grindbestorting in plaats van een steenbestorting. Het grind wordt aangebracht op het hele talud, vanaf de bodem van de beek tot net boven de gemiddelde waterlijn die de overgang naar de bovenwaterberm vormt. Het grind wordt los aangebracht tegen het talud en niet vastgelegd. Hierdoor is het voor vegetatie mogelijk zich te vestigen tussen het grind en de oever een natuurlijker aanzien te geven en tevens bij te dragen aan de stevigheid van de oever. De lengte waarover dit aangelegd wordt bedraagt $\pm 125 \text{ m}$, beginnend vanaf de ringdijk. Dit grind is niet in het gebied aanwezig en zal van buiten af moeten worden aangeleverd. In figuur 11.1 staat de huidige situatie van de Barbierbeek in traject 1 weergegeven en in figuur 11.2 de toekomstige oeverbescherming voor de zuidelijke dijk van traject 1.



Figuur 11.1: Doorsnede traject 1, huidige situatie



Figuur 11.2: Toekomstige oeverbescherming voor de zuidelijke dijk van traject 1

Ingreep 1b: afgraven van de noordelijke oever

Uit de opmetingen van AWZ van de doorsnede van de Barbierbeek op de plaats waar de ringdijk gepland is, blijkt dat de noordelijke oever bestaat uit een hoogopgeslibde berm die overgaat in de noordelijke dijk. De huidige hoogte van de berm bedraagt 2,6 m TAW, de dijk ligt op 4 m TAW. Dit wordt over een lengte van 125 m, beginnend vanaf de ringdijk, afgegraven tot een niveau van 2,5 m TAW. Bij een extreem hoge waterstand mag de beek buiten deze oever treden, maar het is niet wenselijk dat de beek in de achterliggende polder loopt waar het niveau van het maaiveld lager ligt. Als dit bij elk enigszins verhoogd debiet steeds zou gebeuren blijft er geen debiet meer over in de beek voor de nieuwe loop van traject 2. De oever wordt voorzien van een matig talud van 1:5, zodat oevervegetatie ontwikkelingsmogelijkheden heeft. Op de overgang van water naar land wordt een onderwaterberm voorzien van 2 à 2,5 m breed (figuur 11.2). De hoeveelheid grond die hierbij vrijkomt bedraagt ongeveer 1500 m³.

Traject 2

Omschrijving:

De huidige beekloop ligt over een afstand van ongeveer 375 m tussen de dijken ingeklemd en wordt zo belemmerd in de ontwikkeling. Wanneer de noordelijke opgeslibde berm en dijk worden verwijderd, wordt aangenomen dat de beek de laaggelegen polder instroomt. Het maaiveld is hier vrijwel vlak en zonder enige sturing zal het water van de beek zich over de polder uitspreiden. Dit zou een grote moerassige zone creëren waarin de beek doodloopt. In deze inrichtingsvariant is dit niet gewenst, omdat hiermee de ontwikkeling van de beek wordt belemmerd of zelfs teniet gedaan. Door in de huidige landbouwpercelen, gelegen in de hoek tussen de zuidelijke Barbierbeekdijk en de Kruibeekse kreek, een nieuw, potentieel beekprofiel uit te graven kan een doodlopen van de beek worden voorkomen en kunnen rijke beekbermen zich aan beide zijden van de beek ontwikkelen. Deze ingreep is niet nodig wanneer in een latere fase gestreefd wordt naar een vorm van natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbieren (hoofdstuk 12).

Met name het gebied tussen de oude loop en de nieuwe loop zal ontwikkelen tot een natte moeraszone. De gronden tussen de nieuwe loop van de beek en de Nieuwe Gaanweg zullen minder vaak overspoelen door de verhoging van ingreep II en evolueren naar een moerassig broekbos. Na een overspoeling zal het water hier namelijk blijven staan vanwege de moeilijke afstroming terug naar de beek. Om zoveel mogelijk dynamiek in de nieuwe loop te behouden kan ervoor gekozen worden de oude loop van de beek tijdelijk af te snijden van de beek door een afscheiding te plaatsen.

Aan het einde van dit traject bevindt zich nog een voormalige hoogwaterkering in de beek. Dit bestaat uit een betonnen constructie van enkele meters lengte die de bedding van de beek vastlegt.

Gebaseerd op het voorgaande worden voor traject 2 de volgende ingrepen voorzien:

- a) afgraven van de noordelijke oever
- b) uitgraven van de nieuwe, potentiële loop van de beek
- c) plaatsen van stoelementen
- d) verwijderen betonnen constructie

Ingreep 2a: afgraven van de noordelijke oever

De noordelijke hoog opgeslibde berm en dijk worden geheel afgegraven tot op het niveau van het achterliggende maaiveld. De overgang naar de noordelijke oever van traject 1 wordt van een matig talud (1:5) voorzien. In totaal komt hierbij ongeveer 22.300 m³ grond vrij die gebruikt kan worden bij de ophoging van de Nieuwe Gaanweg.

Ingreep 2b: uitgraven van de nieuwe potentiële loop van de beek

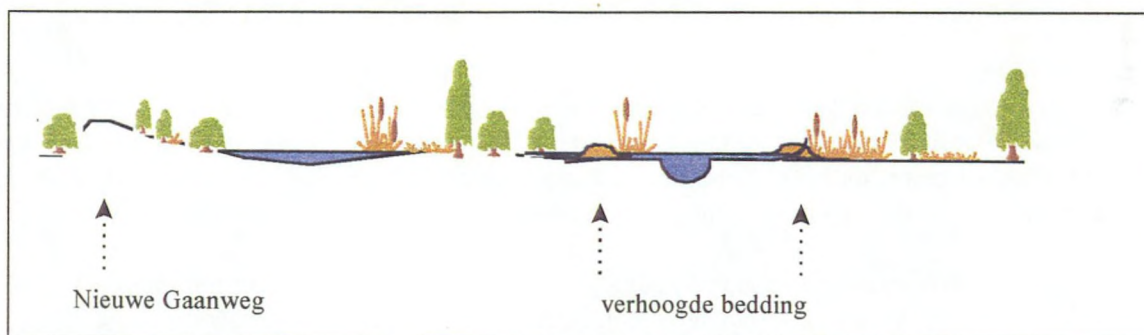
Deze ingreep is niet nodig wanneer later natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbierbeek wordt toegelaten in het gebied (hoofdstuk 12)

Er zijn geen historische gegevens over een oude loop van de beek in de Kruibeekse polder van voor de bedijking, die hersteld zou kunnen worden. Om een aanzet tot een eigen ontwikkeling te kunnen geven is gekozen voor het graven van een nieuwe loop door de huidige weilanden. De nieuwe loop wordt gegraven in een speelse vorm zonder het vastleggen van de oevers. De beek zal zelf de nieuwe vorm van de loop nader moeten bepalen. De lengte van het traject langs een rechte lijn gemeten is 375 m. De beek is over het wateroppervlak gemeten ongeveer 4 m breed. Gekozen wordt 3 à 4 bochten uit te graven in beekloop. In figuur 45 wordt de nieuwe loop van de beek weergegeven.

Omdat de Barbierbeek grote afvoerverschillen heeft, is het goed de oevers van een getrappt talud te voorzien. Als ideale breedte van de berm wordt tot drie keer de beekbreedte aangehouden,

dus ± 12 m, en de ideale hoogte van de bovenwaterberm is 0,50 m boven de gemiddelde zomerwaterstand (Riemersma, 1988).

De bodem van de loop komt aansluitend op de bodemdikte van de beek nabij de ringdijk te liggen op maximaal 1,2 m TAW. De grond die vrijkomt bedraagt ongeveer 750 m^3 en kan direct naast de loop op de oevers worden neergelegd, zodat een kleine verhoging ontstaat op de overgang tussen beek en bovenwaterberm. Deze kleine walletjes zouden ongeveer 0,3 m hoog moeten worden zodat de bedding van de beek wat meer volume krijgt om het beekwater te kunnen bergen. Dit omdat er niet diep genoeg gegraven kan worden in verband met de beperkte bodemdikte van de Kruibeekse kreek waar de beek in uit moet komen. Tevens gaat de beek dan niet “verloren” in de brede bovenwaterberm (figuur 11.3).



Figuur 11.3: Doorsnede van traject 2

Ingreep 2c: plaatsen van stoorelementen

Deze ingreep is niet nodig wanneer later natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbierbeek wordt toegelaten in het gebied (hoofdstuk 12)

In de loop van de beek kan de dynamiek worden verhoogd door het plaatsen van storende elementen. In de literatuur (Riemersma, 1988) worden hiertoe stoorstenen aangedragen, dit zijn grote keien die in de beekbedding worden geplaatst en daar een stroomversnelling veroorzaken dat voor meer diversiteit zorgt. In de Barbierbeek op de plaats van het GOG zijn keien echter niet gebiedseigen. Het zelfde principe kan bereikt worden door in plaats van stenen stammen of grote stukken hout te gebruiken. Deze kunnen als grote solisten worden geplaatst of groepsgewijs. De ideale plaats om stoorelementen te plaatsen is in een buitenbocht van een loop.

Ingreep 2d: verwijderen betonnen constructie

Deze voormalige hoogwaterkering moet verwijderd worden daar de beek en de oevers door de aanwezigheid van deze constructie worden belemmerd in een meer natuurlijke ontwikkeling.

Traject 3

Omschrijving:

Omdat het landbouwperceel achter de noordelijke dijk lager ligt dan het niveau van de kreek wordt de noordelijke oever niet geheel afgegraven. De oever wordt verlaagd tot $\pm 2,5$ m TAW, en voorzien van een matig talud van 1:5. Op de huidige noordelijke oever staan overblijfselen van een oude fundering die verwijderd moeten worden. De aangeplante populieren zullen zoveel mogelijk worden gespaard, maar indien nodig worden verwijderd.

Gebaseerd op bovenstaande worden voor traject 3 de volgende ingrepen voorzien:

- a) afgraven en afvlakken van de noordelijke oever tot op $\pm 2,5$ m TAW
- b) verwijderen oude fundering en populieren

Ingrep 3a: afgraven en afvlakken van de noordelijke oever

Hiervoor geldt dezelfde omschrijving als voor de ingrep 1b. De hoeveelheid grond die hierbij vrijkomt, bedraagt ongeveer 5800 m³.

Ingrep 3b: verwijderen oude fundering en populieren

De oude fundering wordt verwijderd om de ontwikkeling van de oever niet te belemmeren. Bij het afgraven van de oever moet zoveel mogelijk geprobeerd worden de populieren die op de huidige oever staan te sparen. Indien het vanwege het werk noodzakelijk is kunnen deze aangeplante bomen ook worden gerooid en eventueel nog verkocht worden. De natuurlijke waarde van deze aangeplante bomen is voor het te ontwikkelen beekstelsel niet significant.

Traject 4

Omschrijving:

Om een overgangszone tussen beek en land te creëren wordt de oever vergraven en ontstaat een bovenwaterberm. Aan het einde van traject 4 moet de beek uitkomen bij het uitwateringssysteem naar de Schelde. Om ongewenste erosie aan de zuidelijke dijk te voorkomen wordt deze op het laatste traject preventief beschermd met natuurlijke materialen.

Gebaseerd op bovenstaande kunnen voor traject 4 de volgende ingrepen worden voorzien:

- a) verstevigen van de zuidelijke dijk met natuurlijke materialen
- b) afgraven van de noordelijke oever

Ingrep 4a: verstevigen van de zuidelijke dijk met natuurlijke materialen

Deze ingrep is niet nodig wanneer later natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbierbeek wordt toegelaten in het gebied (hoofdstuk 12)

Hiervoor geldt dezelfde omschrijving en uitwerking als voor ingrep 1b. Het traject is ongeveer 125 m lang.

Ingrep 4d: afgraven van de noordelijke oever

Hiervoor geldt dezelfde omschrijving en uitwerking als voor ingrep 1b. De hoeveelheid grond die hierbij vrijkomt, bedraagt ongeveer 5500 m³.

Ingrep I

Deze ingrep is niet nodig wanneer later natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbierbeek wordt toegelaten in het gebied (hoofdstuk 12)

Omschrijving:

Deze ingrep voorziet in de aanleg van een poel in de hoek tussen de Kruibeekse kreek en de nieuwe ringdijk. De locatie ligt in de huidige situatie al wat lager dan de omliggende gronden, door uitgraven wordt dit verder versterkt. De poel krijgt de vorm van een ruwe ellips met een zwak hellende noordoever ter verhoging van de ecologische waarde van de poel. Vooral dieren als waterkevers, libellelarven, dikkopjes en salamanders worden juist in de ondiepe delen aangetroffen waar de temperatuur al snel hoger is dan in de rest van de poel (anoniem, zonder jaar c). De oppervlakte van de poel is ± 100 m². Het diepste punt van de poel ligt 1,2 m onder het maaiveld, op ± 0 TAW. Het grondwaterpeil in dit gebied wisselde in de periode 27-9-1996 tot 4-1-1997 tussen de 0,36 en de 1,24 m onder het maaiveld (mond. med.: mevr. Van den Balck, Instituut van Natuurbehoud). De poel kan dus bijna het hele jaar water bevatten wat zeer gunstig is voor de dieren in de poel. Er wordt geen vegetatie in de poel aangeplant. Verwacht mag worden dat reeds na één jaar verscheidene plantensoorten zich hebben

gevestigd. De grond die bij deze ingreep vrijkomt bedraagt ongeveer 50 m³ en kan worden gebruikt voor ingreep II.
Zie verder ook figuur 45.

Ingreep II

Deze ingreep is niet nodig wanneer later natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische Barbierbeek wordt toegelaten in het gebied (hoofdstuk 12)

Omschrijving:

Op de plaats van de geplande ingreep bevindt zich reeds een niveauverschil in het maaiveld van 0,30 m dat wordt vergroot tot een niveauverschil van ± 1 m (2,5 m TAW) om een landschappelijke differentiatie aan te brengen. Tevens wordt hiermee voorkomen dat het gebied tussen de verhoging en de Nieuwe Gaanweg frequent onder water komt te staan. Zo wordt een gradiënt van moerassig naar drogere gronden verkregen. In deze ingreep kan de grond worden gebruikt die bij de aanleg van de poel in ingreep I is vrijgekomen. Een schatting van de hoeveelheid grond is hier moeilijk te maken, omdat de vorm van de verhoging niet vast staat.

Samengevat is in tabel 11.1 een ruwe grondbalans opgenomen van de benodigde en vrijgekomen grond in het gebied als gevolg van de ingrepen.

Ingreep	vrijgekomen (m³)	grond	benodigde (m³)	grond
1b	1450			
2a	22300			
2b	750			
3a	5800			
4b	5510			
I	50			
Nieuwe Gaanweg			700	
Totaal:	35860 m ³		700 m ³	
Netto 35160 m ³ grond vrijgekomen				

Tabel 11.1: Ruwe grondbalans van de vrijgekomen en benodigde hoeveelheden grond bij de voorgestelde ingrepen

Wat betreft de technische uitvoering van de ingrepen wordt gepleit voor het gebruik van licht materieel voor zover dit mogelijk is. Bij de grotere ingrepen als het verwijderen van de noordelijke oever zal gebruik gemaakt kunnen worden van een kraan en graafmachine e.a.. Er moet dan voorkomen worden dat er onnodig heen en weer gereden wordt met materieel over verschillende routes door het gebied om de schade aan het gebied zo gering mogelijk te houden.

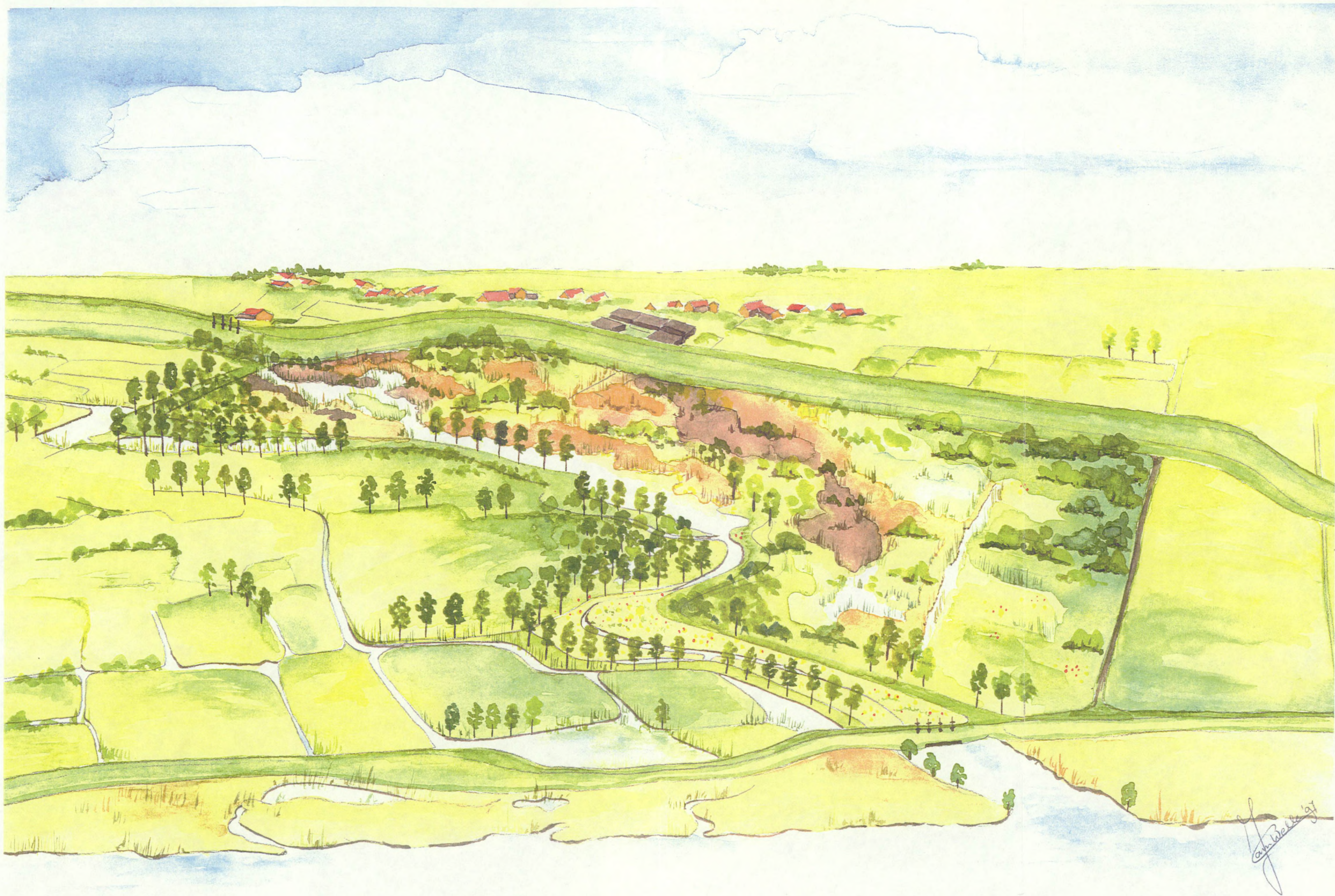
11.4 Opmerkingen en suggesties

Bij het graven van de nieuwe potentiële loop van de beek door de polder is het van groot belang welk bodempeil wordt gehanteerd. Nabij de ringdijk is het bodempeil van de beek 1,2 m TAW. Gegevens van andere locaties over diepte en bodempeil zijn niet bekend. Ook het bodempeil van de Kruibeekse kreek is onbekend. Er is wel goed te zien dat delen van de kreek zijn dichtgeslibd, waarschijnlijk ook met rioolslib dat door de Barbierbeek wordt aangeleverd. Belangrijk is echter dat het bodempeil van de nieuwe loop van de beek niet beneden het bodempeil van de kreek uit mag komen, daar de beek dan niet meer op de kreek kan afwateren. Om dit probleem te voorkomen zullen nadere opmetingen van het landschap, met name van het gebied binnen de huidige dijken, en de kreek uitgevoerd moeten worden. Indien het wenselijk

is het bodempeil van de kreek te verlagen om de doorvoer van het beekwater naar de kreek te waarborgen is het mogelijk de aangeslibde kreek uit te baggeren. Dit is tevens een maatregel waarmee de nalevering van nutriënten uit de bodem naar het water en daarmee het voedselrijke karakter van het systeem kan worden verminderd. Want ondanks dat uitgegaan wordt van een verbetering van de waterkwaliteit van de Barbierbeek en de Kruibeekse kreek zal het voedselrijke karakter van het gebied bepalend blijven voor de soortensamenstelling van het systeem. Deze problematiek kan nog wel eens tot gevolg hebben dat er meer uitgebaggerd zal moeten worden dan in de ingrepen is aangegeven om het gewenste resultaat van natuurontwikkeling te verkrijgen.

Zoals uit tabel 11.1 blijkt is er na het uitvoeren van de voorgestelde ingrepen naar schatting 35160 m³ grond over. De berekeningen van bijlage 15 zijn erg ruw. De hoeveelheden grondverzet als vermeld in tabel 11.1 zijn hierom ook ruw en dienen hoofdzakelijk om een indruk te geven van de schaal waarop de ingrepen plaatsvinden. Afhankelijk van de volgorde van de uitvoering van de werkzaamheden zou de overgebleven grond misschien gebruikt kunnen worden bij de bouw van de nieuwe ringdijk rond het GOG. Een aandachtspunt hierbij is wel de kwaliteit van de grond. Analyses van grondmonsters in 1996 hebben uitgewezen dat er hoge concentraties lood en cadmium in de grond van het gebied voorkomen. Depositie uit de lucht aangevoerd van de metallurgische industrie van Hoboken, aan de overzijde van de Schelde, hebben bijgedragen tot de concentraties lood en cadmium (1996: gem. conc. Pb = 230 mg/kg droge stof; gem. conc. Cd = 9,5 mg/kg). De Kruibeekse polder vertoont een zware Cd-vervuiling: 94% van de monsters ligt boven de bodemsaneringsnorm. Wat de loodvervuiling betreft ligt 35% van de bodemonsters in de Kruibeekse polder boven de bodemsaneringsnorm. In het gebied voor deze inrichtingsvariant wordt de norm voor cadmium 6 tot 8 maal overschreden, de norm voor lood wordt tot 4 maal overschreden (Van den Balck *et al*, 1998 (c)). Gezien deze graad van vervuiling dient onnodige verspreiding van de grond en dus ook van de vervuiling door het gebied voorkomen te worden.

Wanneer de gemarkeerde ingrepen niet worden uitgevoerd, ontstaat een goede uitgangssituatie voor een spoedig toelaten van natuurontwikkeling met een dynamische Barbierbeek al dan niet onder invloed van een GGG (zie hoofdstuk 12).



12. Dynamische Barbierbeek

12.1 Principe

Deze variant voorziet erin dat de bedijking van 4 m TAW, die momenteel rond de Barbierbeek ligt, ter hoogte van het geplande GOG-KBR, wordt verwijderd, met uitzondering van het zuidelijke dijkdeel aansluitend op de donk van Bazel. Hierdoor wordt de ontwikkeling van de beekloop niet langer beperkt door de dijken en kan de loop zich door processen als sedimentatie en erosie weer op een natuurlijke manier ontwikkelen. Daarnaast zal het omliggende gebied na het verwijderen van de dijken, invloed gaan ondervinden van de beek, als gevolg van periodieke overstromingen. In de omgeving van de beek ontstaat hierdoor ruimte voor natuurontwikkeling onder invloed van een dynamische beek. Hiermee vormt deze variant een goede opvolger en eventuele eindfase van voorgaande beschreven varianten (hoofdstukken 10 en 11).

Binnen deze inrichtingsvariant zijn er twee beheersvarianten mogelijk, namelijk:

- Een vrije Barbierbeekloop in het GOG-KBR zonder de invloed van GGG (verder uitgewerkt in paragraaf 12.2)
- Een vrije Barbierbeekloop in het GOG-KBR met de invloed van GGG (verder uitgewerkt in paragraaf 12.3)

12.2 Dynamische Barbierbeek zonder gecontroleerd gereduceerd getijde

12.2.1 Streefbeeld

Het streefbeeld dat de uiteindelijk gewenste situatie beschrijft, luidt:

“Een gebied van ca. 185 ha, dat overwegend drassig is, als gevolg van het periodiek buiten de oevers treden van de Barbierbeek. De overstromingen zullen voornamelijk in het winterseizoen plaatsvinden, maar ook in ander seizoenen zal de Barbierbeek soms buiten de oevers treden. Door een grote variatie in de waterhuishouding (overstromingsduur, overstromingshoogte, stagnant water, stromend water, periodiek overstroomd, incidenteel overstroomd enz.) en door aanwezigheid van micro-reliëf en de hoogte gradiënt door de donk van Bazel, is er een grote variatie in vegetatie aanwezig. De vegetatie zal voornamelijk gedomineerd worden door grote helofyten (onder andere riet, Pluim en Scherpe zegge, Gele lis) en broekbos (onder andere wilgenstruwelen van Grauwe wilg en elzenbossen). Begrazing met behulp van runderen (Galloways) en paarden (Konikpaarden) zorgt voor het behoud van de variatie in vegetatie. Verder vindt er op kleine schaal verlanding plaats.

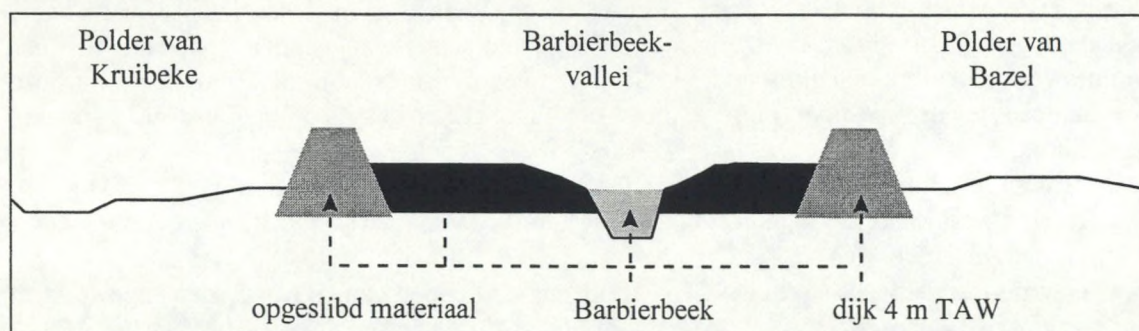
Een moerasachtig habitat dat geschikt is voor vogelsoorten zoals de roerdomp, bruine kiekedief, snor, rietgors, blauwborst, waterral, baardmannetjes, kwak en woudaapje en karakteristieke zoogdieren als de dwergmuis, aardmuis, rosse woelmuis en watervleermuis. Een leefomgeving die tevens zeer geschikt is voor verschillende soorten amfibieën en reptielen.”

12.2.2 Voorgestelde maatregelen

In deze paragraaf wordt aangegeven welke ingrepen er voor deze variant gewenst zijn. Op het waarom van de ingrepen en het verwachte effect er van, wordt verder ingegaan in paragraaf 12.2.3.

Sinds het begin van de 18^e eeuw is de Barbierbeek bedijkt geweest (Martens, 1994). In de hierop volgende periode is de vallei tussen de bedijking opgeslibd, als gevolg van de aanvoer van zowel organisch als mineraal slib. Voor een deel is het aangevoerde sediment van

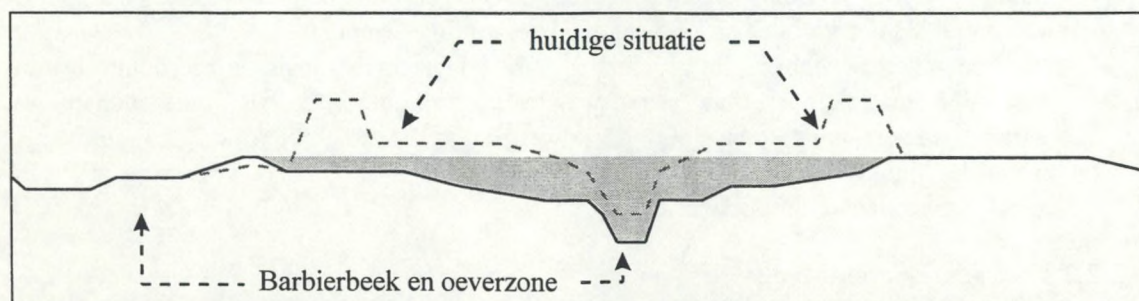
natuurlijke oorsprong (erosie). Maar zeker de afgelopen tientallen jaren is de hoeveelheid organisch slib sterk toegenomen als gevolg van het huishoudelijk-, industrieel- en agrarisch afvalwater dat ongezuiverd op de Barbierbeek wordt geloosd (hoofdstuk 5). Dit slib is uiteindelijk voor een groot deel in de Kruibeekse Kreek gesedimenteerd. Deze sedimentatie heeft tot gevolg dat op dit moment grote delen van de kreek regelmatig droog vallen en zijn bedekt met een dikke laag onbegroeid slib. In de loop van de tijd is een groot deel van de valleibedding zelfs hoger komen te liggen dan het omringende maaiveld (tot ca. 2,6 m TAW), dat buiten de bedijking is gelegen. Voor een schematische overzicht van de huidige situatie zie fig. 12.1.



Figuur 12.1: Schematisch overzicht van de huidige ligging van de Barbierbeekvallei ten opzichte van de polders van Kruibeke en Bazel

Daarom wordt voorgesteld dat gelijktijdig met het verwijderen van de bedijking van 4 m TAW rond de Barbierbeekvallei ook de opgeslibde valleibedding wordt afgegraven. Na afgraving moet de vallei aansluiten op het maaiveld buiten de bedijking, waarbij er rekening wordt gehouden met het bestaande micro-reliëf. Waar er aangesloten wordt op het maaiveld mag er niet dieper worden afgegraven dan 1,35 m TAW. Op het punt waar het te behouden dijkdeel ophoudt en de Barbierbeek sterk naar het noorden afbuigt, zal een kleine smalle strook op de grens waar het maaiveld aansluit op de vallei, zo'n 10 tot 15 cm moeten worden opgehoogd om ook op een niveau van 1,35 m TAW te komen (figuur 46).

Daarnaast moet de huidige loop van de Barbierbeek verdiept worden. Momenteel ligt het bodempeil van de beek juist na binnenkomen van de polder, op ca. 1,20 m TAW. Voorgesteld wordt dat het bodempeil bij binnenkomen van de polder rond de 0,90 m TAW komt te liggen, aflopend naar rond 0,50 m TAW bij de uitwateringssluys in de overloofdijk. Voor een schematisch overzicht van de gewenste situatie, wordt verwezen naar figuur 12.2.



Figuur 12.2: Schematisch overzicht van de gewenste situatie voor variant: Dynamische Barbierbeek

Tevens moet er bij nabij de monding van de Barbierbeek in de Schelde een plas worden gegraven, die is gelegen in de polder van Bazel (figuur 46) en een open verbinding met de Barbierbeek heeft. Op dit moment is er op die locatie al een kleine plas aanwezig, deze zal echter verdiept en vergroot moeten worden. Voorgesteld wordt om de plas ca. 350 m lang en zo'n 150 m breed te maken. In het midden moet de diepte variëren tussen de -1,50 en -2,00 m TAW en de oeverzone moet zeer flauw oplopen om uiteindelijk over te gaan in het maaiveld.

Naast deze relatief grote ingrepen waarbij veel grondverzet noodzakelijk is, moeten er ook enkele kleinere maatregelen genomen worden, zoals het verwijderen van verhard oppervlak en kunstwerken (in de vorm van kleine duikers en een oude fundering), daarnaast moeten de grote afwateringssloten in het gebied op diverse plaatsen worden afgedamd.

12.2.3 Effecten van de ingrepen

Opvulling van oeverzone en plas

De Barbierbeek zal gemiddeld zo'n 4 uur per getijdencyclus (ca. 12 uur) water via een uitwateringssluiss in de overlooppdijk op de Schelde kunnen lozen, doordat de waterstand in de polder dan hoger is dan de waterstand op de Schelde (figuur 4.1). In de ca. 8 uur per cyclus dat het water niet gravitair geloosd kan worden, zal de waterhoogte in de beekloop stijgen als gevolg van een continue aanvoer van water terwijl er geen afvoer plaats kan vinden. Tijdens de stijging van het waterpeil zal de oeverzone van de beek en tevens de waterplas verder gevuld worden met water. Na 8 uur van oplopende waterstanden zal er weer water worden geloosd op de Schelde, waardoor het water gedurende 4 uur weer langzaam zakt. Deze cyclus van opvullen en vervolgens weer gedeeltelijk leeglopen, zal zich bij ieder getijdencyclus blijven herhalen.

Mate van opvulling

De mate van opvulling van de plas en de oeverzone is voornamelijk afhankelijk van de debieten van de Barbierbeek, daarnaast heeft de wisselende hoog- en laagwaterstand op de Schelde (onder meer als gevolg van dood- en springtij) hierop invloed. Het is aannemelijk dat het debiet van de Barbierbeek dermate hoog kan zijn, dat de buffercapaciteit van de oeverzone en de plas niet toereikend is voor het stockeren van het Barbierbeekwater dat aangevoerd is in de 8 uur dat er niet op de Schelde afgewaterd kan worden. Is dit het geval dan zal het omliggende gebied geïnundeerd worden met Barbierbeekwater. Om te zien of deze hypothese juist is, is een berekening gemaakt met het programma Mathcad.

Berekening met Mathcad

In bijlage 17 staat een overzicht van het in Mathcad gebruikte model en de resultaten van de berekening. De randvoorwaarden voor het model waren als volgt:

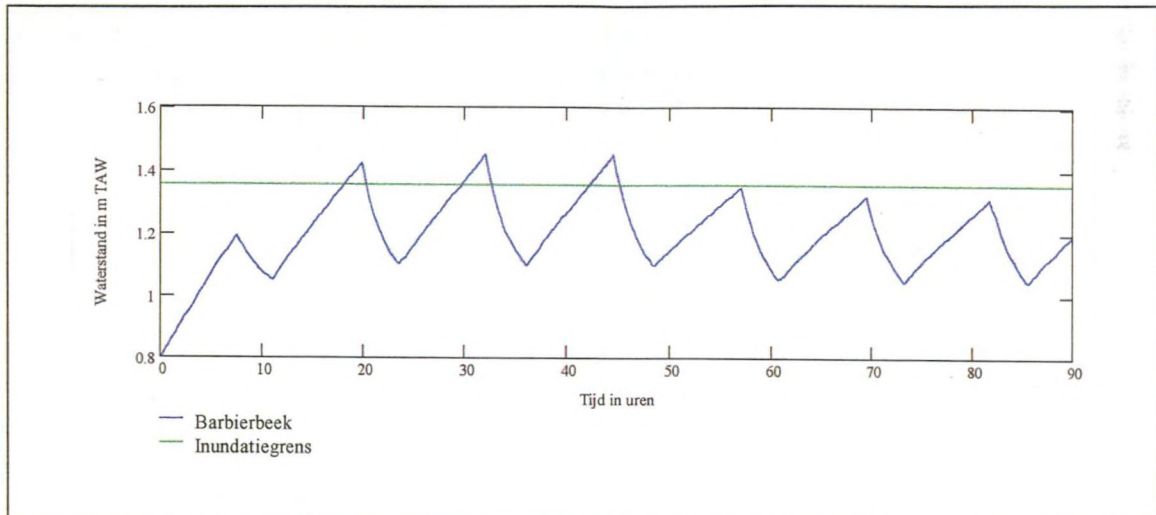
- Maximale opvulhoogte van oeverzone en plas: 1,35 m TAW.
Er is voor deze 1,35 m TAW gekozen omdat het grootste gedeelte van het maaiveld, direct aansluitend op de huidige bedijking rond de Barbierbeek, op dit niveau of hoger ligt. Slechts een smalle strook gelegen voor de bocht van de beek (figuur 46) heeft een niveau tussen de 1,20 en de 1,30 m TAW. Komt het waterpeil hoger dan 1,35 m TAW, dan zal (een deel van) het omliggende gebied onder water komen te staan.
- Drempelhoogte uitwateringssluiss in overlooppdijk: 0,8 m TAW. Over de drempelhoogte die de in- en uitwateringssluizen zullen gaan krijgen is nog geen besluit genomen. Ten behoeve van de uitwatering zou een lager drempelpeil gewenst zijn, maar er bestaat bij een lager peil mogelijk gevaar voor dichtslibbing. Mogelijk wordt er in de toekomst voor een lager drempelpeil gekozen, dit zal een snellere afwatering tot gevolg hebben.
- Afwatering op de Schelde wordt bepaald door de gemiddelde getijdenbeweging op de Schelde.

Er zijn twee scenario's doorgerekend, één voor een wintersituatie en één voor een zomersituatie. Hiervoor is gekozen omdat het gemiddelde debiet in de winter hoger ligt dan in de zomer en uit bestudering van de berekende Barbierbeekdebieten blijkt dat in de winter een hoog debiet langer aanhoudt. Daarom is er gerekend met de volgende scenario's:

1. **Winter:** Een Barbierbeekdebiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$, dat 48 uur aanhoudt en daarna daalt naar $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (= gemiddeld debiet in de wintermaanden).
2. **Zomer:** Een Barbierbeekdebiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$, dat 24 uur aanhoudt en vervolgens daalt naar $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (= gemiddeld debiet in de zomermaanden).

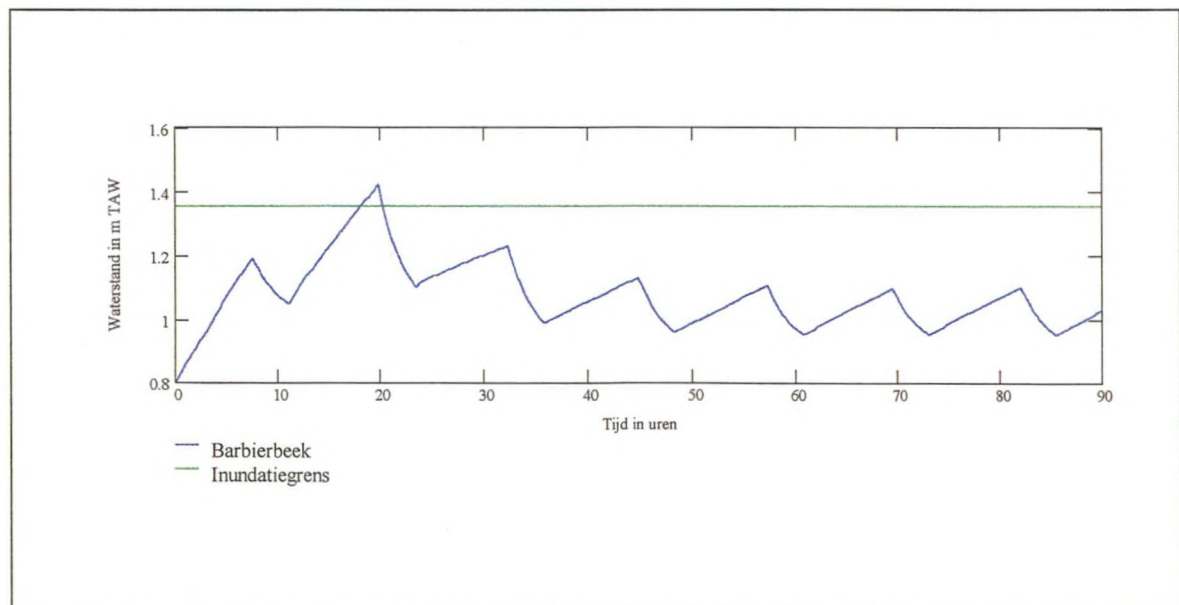
Resultaten

Zoals te zien is in figuur 12.3 zal bij het winterscenario het water van de Barbierbeek na ca. 19 uur boven de 1,35 m TAW gestegen zijn, hetgeen inundaties van het omliggende gebied tot gevolg heeft. Wanneer er weer op de Schelde geloosd kan worden zakt het water snel, maar na ca. 10 uur is het water weer tijdelijk boven de 1,35 m TAW, na wederom 10 uur komt het water voor de laatste maal boven de 1,35 m TAW om vervolgens steeds onder het inundatieniveau te blijven.



Figuur 12.3: Verloop waterstanden in de Barbierbeek, met oeverzone en plas, bij het winterscenario

Zoals te zien is in figuur 12.4 zal bij het zomer scenario het water van de Barbierbeek na ca. 19 uur één maal boven het inundatieniveau van 1,35 m TAW te komen. Na een korte tijd daalt het water weer en het inundatieniveau wordt niet meer bereikt.



Figuur 12.4: Verloop waterstanden in de Barbierbeek, met oeverzone en plas, bij het zomerscenario

Concluderend kan gesteld worden, dat bij Barbierbeekdebieten van de rond de 1 m³/s, het bergend vermogen van oeverzone en plas te klein is voor de berging van het aangevoerde beekwater, waardoor het omliggende gebied deels onder water zal komen te staan.

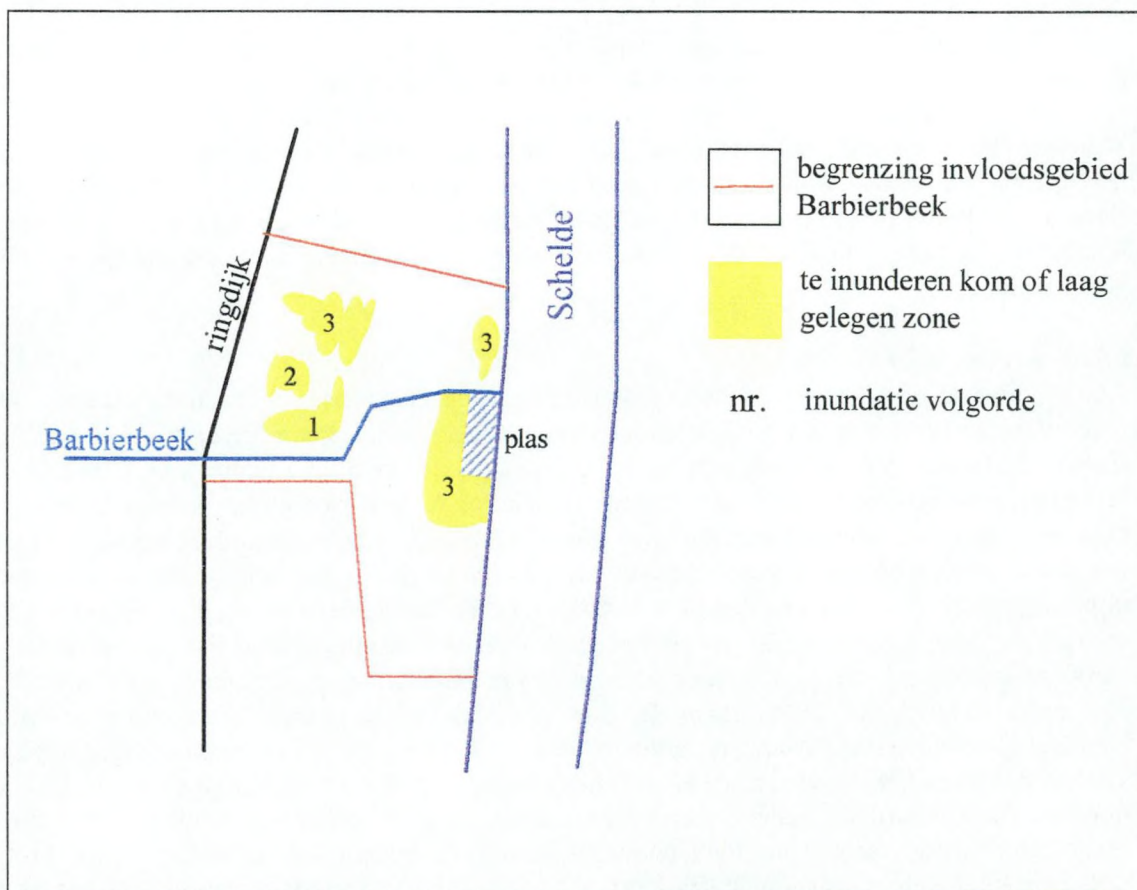
Opmerking

Bij het gebruikte model is geen rekening gehouden met een indeuk effect op de waterstand van de Barbierbeek, het omliggende gebied fungeert hier als het ware als mini GOG. In de praktijk zal het waterpeil dus niet zo hoog boven de 1,35 m TAW komen als de figuren 12.3 en 12.4 doen vermoeden.

Volgorde van overstroming

In hoeverre het gebied, bij een beekdebiet van $\geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$, zal inunderen, tot welk niveau het water zal stijgen en hoe vaak er water in het gebied zal stromen is niet precies aan te geven. Deze factoren zijn afhankelijk van het debiet van de Barbierbeek, de duur dat het hoge debiet aanhoudt en de waterstanden op de Schelde. Er kan echter wel een overstromingsvolgorde worden aangegeven. Deze volgorde wordt hieronder beschreven en is schematisch aangegeven in figuur 12.3.

Indien het waterpeil in de oeverzone boven de 1,35 m TAW komt, treedt de beek op de plaats waar de oever het laagst is buiten zijn oevers (1), om een achterliggende kom (met een diepste punt van 1,10 m TAW) op te vullen. Wanneer deze kom is opgevuld tot het niveau van ca. 1,30 m TAW zal ook een tweede kom (2) gevuld gaan worden (diepste punt van 1,10 m TAW). Wanneer deze kom is opgevuld tot 1,35 m TAW, dan stroomt ook een derde in serie liggende kom (3) (diepste punt 1,15 m TAW) vol en tegelijkertijd nabij de overloophoofd een andere kom (3) (diepste punt 1,10 m TAW). Op hetzelfde moment zal ook een brede zone rond de plas onder water komen te staan (3).



Figuur 12.5: Overzicht van de inundatie volgorde van de lager gelegen kommen en zones, in het invloedsgebied van de Barbierbeek in de variant Dynamische Barbierbeek.

Frequentie van overstromen

De debietgegevens van de Kleine Molenbeek zijn getransformeerd naar debieten voor de Barbierbeek op de manier zoals beschreven in hoofdstuk 6. Bij analyse van deze gegevens (tabel 12.1) blijkt dat de overstromingen vooral in de maanden januari tot en met maart en november tot en met december frequent zullen voorkomen. Maar ook in de overige maanden kunnen overstromingen voorkomen. Duidelijk is te zien dat het aantal overstromingen niet alleen seizoensafhankelijk is maar dat er ook grote verschillen zijn tussen de verschillende jaren onderling.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
januari	7	10	4	15	-	-	3	-	8	14	16
februari	-	-	2	13	-	2	-	-	-	2	13
maart	1	7	10	25	5	-	-	2	-	7	2
april	8	3	-	-	3	-	-	2	-	5	-
mei	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
juni	1	2	8	-	-	-	-	1	-	1	-
juli	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-
augustus	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
september	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
oktober	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
november	-	1	14	-	-	-	4	2	2	1	-
december	-	3	1	4	-	1	4	7	16	5	1

Tabel 12.1: Aantal malen dat de Barbierbeek een deel van het omliggende gebied zou hebben geïnundeerd, per maand, per jaar (op basis van debietgegevens Kleine Molenbeek)

Wanneer er een inundatie optreedt, hoeft dit niet te betekenen dat hierdoor ook alle kommen en lagere zones zullen overstromen. In het geval dat het een debiet van rond de 1 m³/s betreft, die slechts een korte periode aanhoudt, zullen er lager gelegen plaatsen zijn die niet zullen inunderen. Op het moment dat de situatie met hoge debieten langer aanhoudt zal dit wel het geval zijn.

Effect op waterhuishouding

Als gevolg van de ingrepen en de daardoor optredende inundaties, ontstaan er plaatsen die regelmatig gedurende lagere periode onder stagnant water zullen staan (de kommen 1 en 2 in figuur 12.5), de overstromingshoogte zal hier variëren tussen de 5 tot 15 cm water. Ook andere laaggelegen delen zullen voor een langere periode onder een dergelijke waterlaag kunnen komen te staan (de kommen met nummer 3 in figuur 12.5), alleen zullen deze gebieden door hun meer geïsoleerde ligging ten opzichte van de beek of de hogere ligging van de komrand minder frequent overstromen. Van de oeverzone rond de Barbierbeek en de plas kan verwacht worden dat deze bijna dagelijks (voor een deel) onder water komen, maar dat na enkele uren, vanwege afstroming naar plas of beek in situaties van uitwatering op de Schelde, deze plaatsen niet meer onder water zullen staan. In deze gebieden zullen echter wel continu drassige omstandigheden heersen. Daarnaast zullen er zones zijn die vanwege hun relatief hoger ligging slechts incidenteel, in de wintermaanden, zullen overspoelen. Tot slot zullen er plaatsen zijn die normaal gesproken nooit onder water zullen staan zoals grote delen van de donk van Bazel. Door deze grote variatie in overspoelingsduur en -frequentie, is er een relatief grote verscheidenheid aan omstandigheden. Deze verscheidenheid in waterhuishouding zal nog eens versterkt worden door het op diverse plaatsen afdammen van de afwateringssloten. Hierdoor worden de komgebieden van elkaar geïsoleerd, wat twee voordelen heeft, namelijk:

- het water in een geïnundeerde kom kan niet via een sloot naar een niet geïnundeerde kom stromen;

- het water in een geïnundeerde kom kan niet via een sloot naar de Barbierbeek afstromen.

Ondanks de verwachte verscheidenheid in omstandigheden, zal het grootste deel van het gebied een nat tot drassig karakter hebben.

Effect op vegetatie

Door de genomen maatregelen ontstaat er een zeer geschikt biotoop voor moerasachtige vegetatie.

Op de diepste plaatsen van de kommen, die mogelijk permanent onder water zullen staan, zullen zich voornamelijk zegge soorten en riet vestigen. In eerste instantie zal het gaan om Pluim zegge, omdat er sprake is van zeer voedselrijke omstandigheden, later zal Pluim zegge vervangen kunnen worden door Scherpe zegge die beter gedijt in mesotrofe milieus. Naast zegge en riet zullen zich hier ook andere grote helofyten kunnen vestigen zoals Gele lis. Alle bovengenoemde helofyten zijn reeds in de polder aanwezig en zullen zich door middel van zaadtransport kunnen gaan vestigen. Op plaatsen die in het kiemseizoen droogvallen zal de Grauwe en de Schiet wilg kunnen kiemen. Op de hogere en daardoor drogere plaatsen zal er mogelijk elzenbroekbos tot ontwikkeling kunnen komen. Daarnaast zal er door de begrazing op de delen die alleen buiten het groeiseizoen of helemaal niet onder water komen te staan, zoals de donk, rietgrasvelden kunnen ontstaan waar ook soorten als Gestreepte witbol zich kunnen vestigen. In de plas zullen zich waterplanten kunnen vestigen waarvan Waterlelie en Gele plomp de meest opvallende zullen zijn (mond. med. dhr. Hoffmann, Instituut voor Natuurbehoud); (Thompson, 1987); (Weeda, 1985)

Effect op het beheer

Eenmaal ingericht, wordt voorgesteld om geen beheer toe te passen in het gebied. De ontwikkelingen moeten zich spontaan, zonder menselijke ingrepen voltrekken. De enige regulatie zal door de natuur zelf en door de aanwezigheid van runderen en paarden plaatsvinden. In deze variant wordt er van uitgegaan dat het hele GOG de bestemming natuur heeft zodat de grazers zich over het hele gebied kunnen bewegen. In een dergelijk groot gebied kan verondersteld worden dat zij zichzelf in stand kunnen houden.

12.2.4 Opmerkingen en suggesties

De beschreven vegetatie is de vegetatie die van "nature" thuis hoort in een gebied met dergelijke omstandigheden. Bij de beschrijving is er echter geen rekening gehouden met de vegetatie die reeds aanwezig is. Zo staan er op de donk van Bazel eiken en langs de gehele Barbierbeek staan aanplantingen van Canada populier met een onderlaag van Els en Vlier. Als deze vegetatie niet wordt gekapt zal zij zich vermoedelijk kunnen handhaven in de gewijzigde omstandigheden. Mogelijk zal alleen de Els worden aangetast in delen die vaak onder water komen te staan. De Els kan in ieder geval niet kiemen op plaatsen waar water staat of waar recentelijk sediment is afgezet. Als deze huidige boomvegetaties gehandhaafd blijven, belemmert dat de natuurlijke ontwikkeling van het gebied. Daarom wordt voorgesteld om in ieder geval de aangeplante Canada populier te kappen (deze kunnen commercieel benut worden) met de daarbij behorende onderlaag van Els en Vlier.

Op dit moment is het water van de Barbierbeek erg slibrijk, na uitvoering van de rioleringsplannen zal de hoeveelheid sediment zeker afnemen, er is alleen niet te voorspellen in welke mate. Dit sediment zal zich over het gebied verspreiden waardoor het totale gebied wordt opgehoogd, en met name de diepste punten van de kommen. Over de ophoogsnelheid is echter niets te zeggen. Er zal hier nader onderzoek voor moeten worden verricht. Dit onderzoek kan dan gekoppeld worden aan onderzoek naar de invloed van de sedimentatie en naar het overstromingsregime van de Barbierbeek. Verder zal een grote sedimentatie betekenen dat het bergend vermogen van plas en oeverzone zullen afnemen, waardoor de kans op overstromingen

groter wordt. Mocht dit ongewenst blijken te zijn, dan kan men er voor kiezen om de plas te vergroten. Er kan echter ook voor gekozen worden de plas in verbinding te stellen met een uitwateringssluys (in de overloopdijk) in de huidige polder van Bazél, hierdoor zal er een snellere afwatering plaatsvinden, die een verminderde inundatie tot gevolg zal hebben.

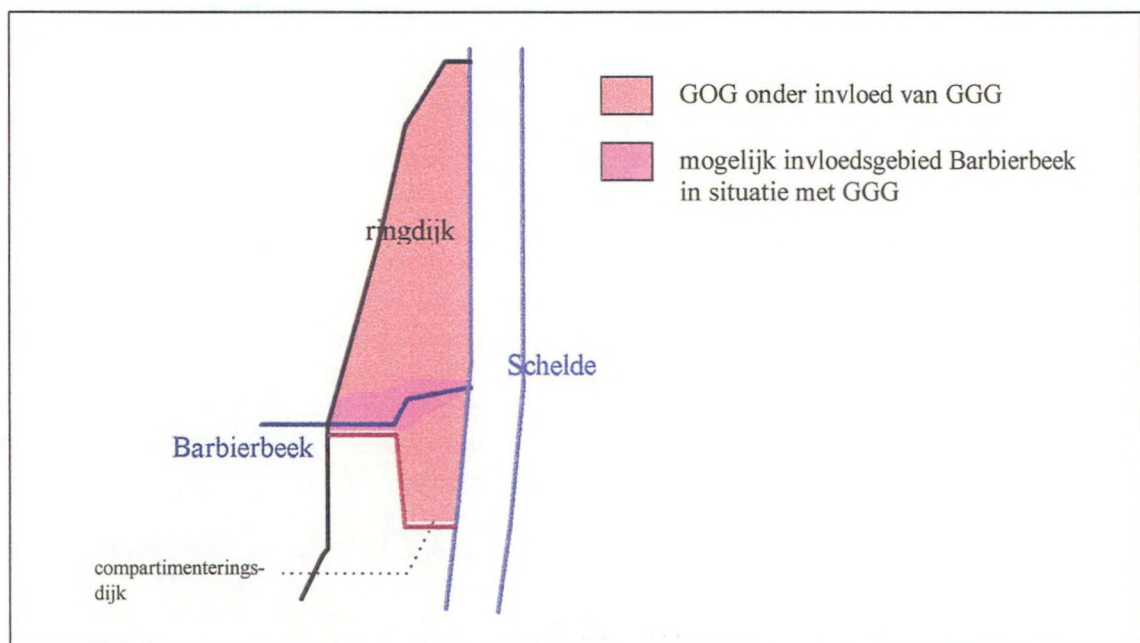
12.3 Dynamische Barbierbeek met invloed van gecontroleerd gereduceerd getijde

12.3.1 Streefbeeld

Het streefbeeld van de uiteindelijk gewenste situatie, luidt:

“Een zoetwater slikken en schorren gebied van ca. 250 ha dat onder invloed staat van GGG (hoofdstuk 4). Het gebied is doorsneden met geulen die beginnen bij de diverse in- en uitwateringssluizen in de overloopdijk. De vegetatie in het gebied wordt gedomineerd door vegetaties van riet en biezen (voornamelijk Ruwe bieze, Bastaardbiezen en Driekantige bieze) en plaatselijk zijn er wilgenstruwelen (voornamelijk Grauwe wilg) aanwezig. Daarnaast kunnen er rietgras- en/of liesgrasvegetaties en ruigtekruidvegetaties verwacht worden en indien er sprake is van enige verzilting ook strandkweek- en zeebiesvegetaties. Diverse soorten steltlopers zullen het gebied als broed-, doortrek- of overwinteringsgebied gebruiken, waarbij zij zullen foerageren op de voedselrijke slikken. Ook diverse eendensoorten (zoals Krak-, Tafel- en Bergeend) zullen hier overwinteren of op doortrek even bijtanken.

Binnen dit gebied ligt een kleiner gebied van ca. 20 ha, dat bestaat uit een eb- en vloedgeul die loopt van de in- en uitwateringssluys in de overloopdijk naar de uitwateringssluys in de ringdijk en de directe omgeving van deze geul (zie figuur 12.6). Het unieke aan deze geul is dat deze niet alleen wordt gevoed met Scheldewater gedurende situaties van vloed, maar dat hij vanaf de andere kant continu wordt gevoed met water uit de Barbierbeek. Hierdoor heeft zich langs deze geul vegetatie gevestigd, die enigszins afwijkt van de vegetatie in de rest van het gebied.”



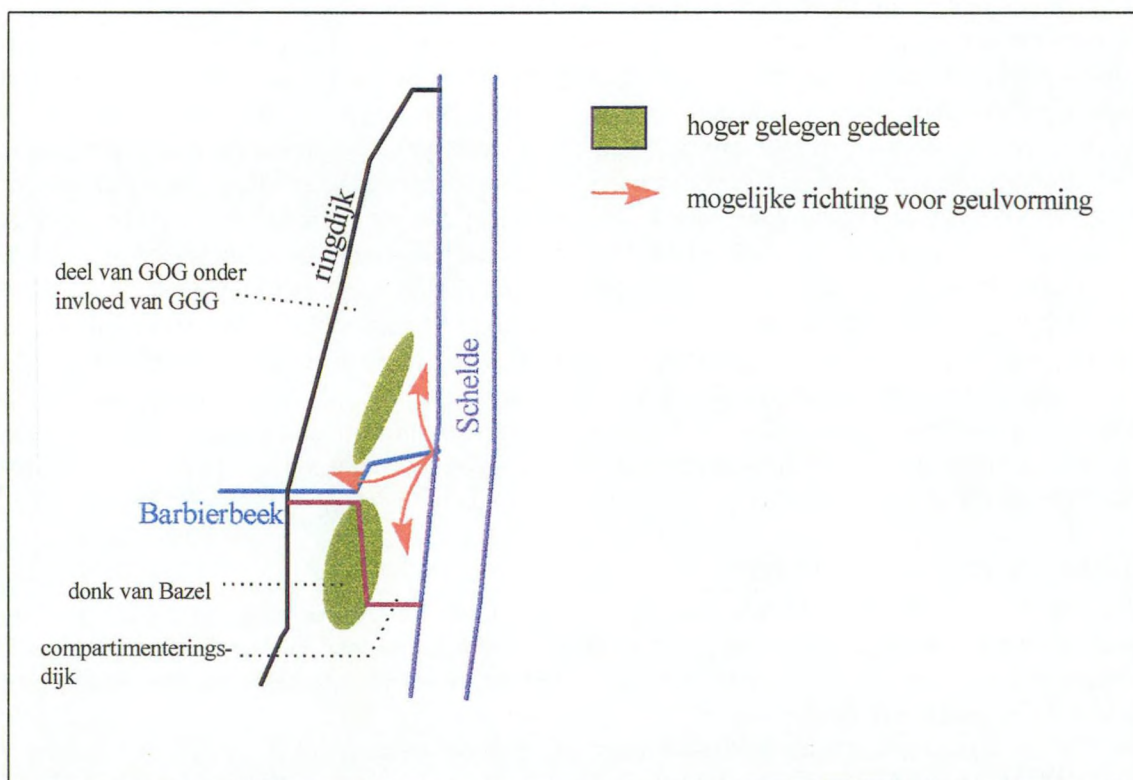
Figuur 12.6: Mogelijk invloedsgebied Barbierbeek binnen het GGG

12.3.2 Voorgestelde maatregelen

De voorgestelde maatregelen zijn gelijk als de maatregelen beschreven in paragraaf 12.2.2, met uitzondering van het plaatselijk ophogen tot 1,35 m TAW.

12.3.3 Effecten van de ingrepen

Doordat de dijkes zijn afgegraven is er een aaneengesloten gebied van 250 ha ontstaan, waarin het getijden vrij spel heeft. Processen als sedimentatie en erosie zullen na het toelaten van GGG, een zoetwater slikken- en schorrenlandschap gaan vormen, bestaande uit geulen en hogere delen. De huidige loop van de Barbierbeek zal naar verwachting worden uitgeslepen tot een geul als gevolg van de eroderende werking van de eb- en vloedstroom. Deze geul zal verder Barbiergeul genoemd worden. Het is echter onbekend hoe deze Barbiergeul zich zal gaan ontwikkelen. Blijft hij ongeveer op zijn huidige positie, verschuift de geul naar een andere uitwateringssluys in de overlooppdijk dan de oorspronkelijke sluis bij de monding van de Barbierbeek, of wordt de huidige Barbierbeekloop zelfs helemaal dichtgeslibd. Om hierover voorspellingen te doen zijn ingewikkelde sedimentatie- en erosiemodellen nodig, waarvan de resultaten alleen maar voorzichtige voorspellingen zijn. Binnen het kader van deze studie zijn hierover geen berekeningen gemaakt, er wordt aangenomen dat de Barbiergeul ongeveer de huidige loop van de Barbierbeek zal blijven volgen. Deze aanname is gemaakt op basis van de aanwezigheid van de uitwateringssluys van de huidige Barbierbeek en de betrekkelijke laagte rond de Barbierbeek. Door de in- en uitwateringssluys in de ringdijk zal het water bij vloed instromen en bij eb uitstromen, dit is dus een waarschijnlijk begin voor een geul. Daarna zijn er drie mogelijkheden, of de geul buigt naar het noorden af naar het relatief laag gelegen gedeelte van de polder van Kruibeke, of hij buigt naar het zuiden af naar een relatieve ondiepte in de polder van Bazél, gelegen tegen de overlooppdijk. Een derde mogelijkheid is dat de huidige Barbierbeekloop ongeveer wordt gevolgd, waarbij nabij de ringdijk een kleine bocht naar de iets noordelijkere ondiepte wordt gemaakt. Hierbij loopt de geul tussen de donk van Bazél en de relatieve verhoging (die van noord naar zuid loopt) centraal in de polder van Kruibeke door (zie figuur 12.7). Bij de eerste twee mogelijkheden vormt zich een geul naar een andere in-uitwateringssluys, waar ook steeds water in- respectievelijk uitstroomt. Er komt bij vloed via de sluizen dusdanig veel water binnen dat ook het meer westelijke deel van het GOG met Scheldewater zal overspoelen. Het lijkt logisch dat, het Scheldewater naar het westelijke deel wordt gevoerd door onder andere de Barbiergeul.



Figuur 12.7: Mogelijkheden voor geulontwikkeling bij in- en uitwateringssluys voor de Barbierbeek

Invloed van de Barbierbeek

Tijdens de perioden van hoog water in het GOG is het waarschijnlijk dat het volume water aangevoerd vanuit de Schelde dusdanig groot is dat het volume water aangevoerd door de Barbierbeek verwaarloosbaar is. Dan kan ook de invloed van het Barbierbeekwater als verwaarloosbaar worden beschouwd. Echter tijdens perioden van laag water is het mogelijk dat het volume aan Barbierbeekwater niet langer verwaarloosbaar is ten opzichte van het Scheldewater. In deze perioden zou het Barbierbeekwater wel invloed kunnen hebben op de Barbiergeul en de directe omgeving van de geul.

Met behulp van een model van Mathcad is een berekening gemaakt over de invloed van de Barbierbeek in een situatie met GGG (zie hoofdstuk 7 paragraaf 7.8.2). Conclusie van deze berekening was onder meer dat bij een Barbierbeekdebiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ er een verdunningseffect van het Scheldewater in het GOG van 11% optreedt als gevolg van Barbierbeekwater. In het geval het Barbierbeekdebiet $2 \text{ m}^3/\text{s}$ bedraagt is het verdunningseffect zelfs 16%. De in het model berekende verdunningseffecten, betreffen al het Scheldewater dat in een situatie van GGG tijdens hoogwater in het GOG aanwezig is. Het is daarom te verwachten dat het verdunningseffect rond de Barbierbeek zelf nog groter zal zijn. De resultaten van het model zijn een goede indicatie dat de invloed van het Barbierbeekwater voor de processen rond de Barbiergeul zeker niet verwaarloosbaar is.

Het Barbierbeekwater zal wat karakteristieken betreft zeker afwijken van het Scheldewater. Het zoutgehalte van de Schelde, ter plaatse van het GOG, ligt op de grens van brak en zoet. Het water van de Barbierbeek zal relatief gezien zoeter zijn dan het Scheldewater, omdat de beek geen invloed van zout water ondervindt. Ook wat voedselrijkheid en andere parameters betreft zal het beekwater waarschijnlijk afwijken van het Scheldewater. Op dit moment is er echter nog niets te zeggen over de verschillen in karakteristieken, deze zullen afhangen van de resultaten van onder meer de rioleringsplannen voor het stroomgebied van de Barbierbeek en het Schelde Actie Plan. Of het verschil in karakteristieken en de invloed van het Barbierbeekwater ten opzichte van het Scheldewater groot genoeg zijn voor een variatie in vegetatie, kan op dit moment niet gezegd worden.

Wel kan er iets gezegd worden over de mogelijke invloed op wilgen, welke zout intolerant zijn. De mogelijkheid bestaat dat het inkomende water vanuit de Schelde in een situatie van GGG de zouttolerantie grens voor (een aantal soorten) wilgen overschrijdt. Wanneer dit werkelijk zo blijkt te zijn, zullen wilgen zich hierdoor niet kunnen vestigen op plaatsen die regelmatig onder Scheldewater komen te staan. Er zijn waarschijnlijk wel potenties voor wilgenstruwelen (vooral Grauwe wilg) op de hogere delen van de schorren. Het zou mogelijk kunnen zijn dat door de verzoetende invloed van het Barbierbeekwater rond de Barbiergeul de zouttolerantie grens van verschillende wilgensoorten niet overschreden wordt. Hierdoor zou het kunnen dat zich langs de Barbiergeul wel wilgensoorten als Amandel, Kraak, of Schiet wilg kunnen vestigen, terwijl dit in ander vergelijkbare gebieden binnen het GOG, zonder invloed van de Barbierbeek, niet mogelijk is. Een ander mogelijk gevolg van de verzoetende invloed van de Barbierbeek is dat rond de Barbiergeul zoutintolerante rietgras-, liesgras- of ruigtekruidenvegetaties voorkomen, terwijl in het niet door de Barbierbeek beïnvloede gebied strandkweek- of zeebiesvegetaties voorkomen (Hoffmann, 1997).

12.3.4 Opmerkingen en suggesties

Het is met de huidige kennis van de situatie rond het GOG niet mogelijk om een gefundamenteerde voorspelling te geven over de mogelijke invloed van de Barbierbeek op de natuurontwikkeling in een situatie met GGG. Op dit moment ontbreekt daarvoor nog onder ander de volgende informatie:

- Drempelhoogte van de in- en uitwateringssluizen in de overlooppdijk
- In te stellen getij in het GOG
- Zoutgehalte van het instromende Scheldewater

- Erosieve werking van het in- en uitstromende water
- Aangevoerde sediment vanuit de Schelde
- Toekomstige karakteristieken van het Schelde- en Barbierbeekwater
- Aanpassingsvermogen van vegetatie aan de specifieke omstandigheden van het gecreëerde getij, dat betreft overspoelingsduur en -hoogte zal afwijken van het natuurlijke getij



Y. R. Wille
1977

13. Beschouwing

In tegenstelling tot de vorige hoofdstukken worden in dit hoofdstuk de verschillende mogelijkheden voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR en de verschillende inrichtingsvarianten met elkaar vergeleken. Aan de hand van enkele criteria worden de mogelijkheden onderling beschouwd.

13.1 Technische maatregelen

Om de verschillende maatregelen voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR te kunnen beschouwen zijn de volgende criteria opgesteld:

- 1 Veiligheid
- 2 Aantasting van het landschap
- 3 Inspanning benodigde ingrepen
- 4 Benodigde oppervlakte
- 5 Mogelijk medegebruik

1. Veiligheid, dat wil zeggen: het veiligstellen van de bebouwing van Bazel tegen wateroverlast veroorzaakt door de Barbierbeek, wanneer deze niet meer gravitair in het GOG kan lozen, met een vooraf bepaald veiligheidsniveau.
 - wachtbekken voor de ringdijk: heeft voldoende bergingsvolume om het Barbierbeek water op te kunnen vangen.
 - wachtbekken voor woonkern Bazel: heeft onvoldoende bergingsvolume om het Barbierbeek water op te kunnen vangen.
 - pompgemaal: heeft voldoende capaciteit om het Barbierbeek water over de ringdijk het GOG in te pompen.

Alleen het wachtbekken voor de ringdijk en een pompgemaal voldoen aan het vooraf bepaalde veiligheidsniveau.

2. Aantasting van het landschap, dat wil zeggen: de vermindering van de landschappelijke waarde door de maatregel.
 - wachtbekken voor de ringdijk: om voldoende bergingsvolume voor het wachtbekken te verkrijgen wordt er over een bepaalde oppervlakte 2 tot 3 m van de cuestasrug afgegraven tot een bodempeil van 2 m TAW. Er wordt een bak met een steile rand gegraven in de historische cuestasrug. Dit is een grote aantasting van het landschap. Het diepe bekken kan begroeid raken waardoor het weer in het landschap te passen is.
 - wachtbekken voor woonkern Bazel: dit bekken is gepland in de natuurlijke vallei van de Barbierbeek omdat dan optimaal gebruik van de topografie van het landschap gemaakt kan worden. De beschermde status van het landschap belet het ook dat er grote ingrepen in het gebied worden gedaan om het bekken alsnog toereikend te maken volgens het veiligheidsniveau voor de opvang van het Barbierbeek water. Een wachtbekken met voldoende bergingsvolume om Bazel tegen wateroverlast te beschermen is dus op deze plaats in het landschap niet in te passen.
 - pompgemaal: een schroefcentrifugaalpomp (1) is redelijk in het landschap in te passen omdat de pomp grotendeels aan het zicht onttrokken is doordat deze onder water staat. Een schroefvijzelpomp (2) is niet in het landschap in te passen. De grote betonnen goot die nodig is om de pomp te plaatsen is een aantasting van het zicht in het landschap.

Het wachtbekken voor de woonkern van Bazel en een schroefvijzelpomp zijn niet in het landschap in te passen. Het wachtbekken voor de ringdijk tast het landschap in eerste instantie

aan, maar is, afhankelijk van de verdere invulling, nog enigszins inpasbaar. Na verloop van tijd is dan niet veel meer van de ingreep te zien. Het best weg te stoppen in het landschap is het schroefcentrifugaal-pompgemaal dat grotendeels onder water staat.

3. Inspanning benodigde ingrepen, dat wil zeggen: de inspanning die geleverd moet worden bij de uitvoering van de ingrepen, behorende bij de maatregelen.

- wachtbekken voor de ringdijk: het betreft hier de volgende ingrepen:
 - ◊ afgraven deel van de cuestarug
- wachtbekken voor woonkern Bazel: het betreft hier de volgende ingrepen:
 - ◊ beschermen Hollebeek hoeve en Kemphoek met dijk van ongeveer 1 m hoog
 - ◊ aanleggen dijk van de benedenstroomse begrenzing
 - ◊ aanleggen manuele of computer gestuurde sluis in dijk van de benedenstroomse begrenzing
- pompgemaal: het betreft hier de volgende ingrepen:
 - voor een schroefcentrifugaalpompgemaal:
 - ◊ aanleggen van een betonnen bakvormige constructie waar de pompen in worden gehangen
 - ◊ aanleggen persleiding per pomp
 - ◊ aanbrengen constructie om de dijk tegen de erosieve kracht van het uit de persleiding stromende water te beschermen
 - voor een schroefvijzelpomp:
 - ◊ aanbrengen gefundeerde betonnen vloer om vijzels op te stellen
 - ◊ aanleggen betonnen goot tegen de ringdijk voor de vijzel
 - ◊ aanleggen betonnen constructie op de kruin van de ringdijk
 - ◊ aanbrengen constructie om de dijk tegen de erosieve kracht van het uit de persleiding stromende water te beschermen

De ingrepen voor de aanleg van een schroefvijzelpomp zijn het meest ingrijpend, maar op een klein oppervlak. Graven in de cuesta voor het wachtbekken voor de ringdijk is ook ingrijpend en vindt over een veel groter oppervlak plaats. Voor het bekken voor de woonkern van Bazel is de minste inspanning nodig.

4. Benodigde oppervlakte, dat wil zeggen: de oppervlakte die effectief door de maatregel wordt gebruikt.

- wachtbekken voor de ringdijk: variërend tussen de 3,75 en de 13 ha, afhankelijk van het maximaal toelaatbare peil in de polder.
- wachtbekken voor de woonkern van Bazel: beslaat een gebied van ongeveer 6,6 ha.
- pompgemaal: nihil ten opzichte van de wachtbekkens

Voor het pompgemaal is het kleinste oppervlak nodig. De grootte van het wachtbekken voor de ringdijk varieert met de maximaal toelaatbare waterstand in het bekken.

5. Mogelijke medegebruik, dat wil zeggen: andere mogelijke bestemmingen van het gebied waarin de maatregel plaatsvindt zonder dat de gegarandeerde veiligheid door de maatregel aangetast wordt.

- wachtbekken voor de ringdijk: dit gebied was oorspronkelijk door AWZ bedoeld om door middel van groenvoorziening het zicht op de dijk weg te nemen. In deze uitvoering is het tevens mogelijk het gebied in te richten als park met eventueel visvijvers en aan natuurontwikkeling te doen.
- wachtbekken voor de woonkern van Bazel: in dit gebied kan de huidige bestemming landbouw behouden blijven.
- pompgemaal: op het al zeer beperkte oppervlak is geen andere bestemming meer mogelijk.

Naast het pompgemaal kan geen ander medegebruik plaatsvinden. De meeste mogelijkheden voor medegebruik doen zich voor bij het wachtbekken langs de ringdijk.

Bovenstaande wordt samengevat in de volgende tabel:

criterium	wachtbekken voor de ringdijk	wachtbekken voor de woonkern van Bazel	pompgemaal
Veiligheid	++	-	+
Aantasting van het landschap	+	-	++ (1), -- (2)
Inspanning benodigde ingrepen	+	++	- (1), -- (2)
Benodigde oppervlakte	3,75 - 13 ha	6,6 ha	0
Mogelijk medegebruik	++	+	-

Tabel 13.1: Vergelijking van de verschillende technische maatregelen voor de inpassing van de Barbierbeek in het GOG-KBR.

Hier in is:

- + / ++ : betreffende optie is positiever ten opzichte van anderen
- ± : de optie is niet duidelijk positiever, maar ook niet negatiever
- / -- : betreffende optie is negatiever ten opzichte van anderen

13.2 Inrichtingsvarianten

Om de verschillende inrichtingsvarianten voor de Barbierbeek in het GOG-KBR te kunnen beschouwen en onderling te kunnen vergelijken zijn de volgende criteria op gesteld:

1. Veiligheid
2. Perspectieven voor natuurontwikkeling
3. Behoud van de huidige functies
4. Inspanning benodigde ingrepen

Hieronder worden de inrichtingsvarianten voor de Barbierbeek in het GOG-KBR per criterium beschouwd:

1. Veiligheid, dat wil zeggen: de inrichting van het GOG mag niet de werking van het GOG verminderen, en dat wil zeggen dat de komberging van het GOG niet mag verminderen.
 - Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking: de inrichting van het gebied verandert niet ten opzichte van de huidige inrichting en de plannen van AWZ. Er zal geen verminderend effect op de komberging van het GOG plaatsvinden.
 - Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek: Er zal geen verminderend effect op de komberging van het GOG plaatsvinden.
 - Dynamische Barbierbeek: Er zal geen verminderend effect op de komberging van het GOG plaatsvinden.

Alle drie de varianten hebben geen ingrepen die het maaiveld in het GOG ophogen zodat de komberging van het GOG verminderd. De variant van Dynamische Barbierbeek heeft echter wel tot gevolg dat het waterpeil in de polder opzet. Berekeningen hebben aangetoond dat deze vermindering van de komberging slechts een zeer klein effect heeft op het indeukingseffect van het GOG.

2. Perspectieven voor natuurontwikkeling, dat wil zeggen: door de ingrepen worden de voorwaarden en condities verkregen waaronder de natuur tot een steeds vrijer systeem kan ontwikkelen. Punt van vergelijking is dus de vrijheid die de inrichting aan het systeem verschaft om te ontwikkelen.
- Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking: de ruimte voor natuurontwikkeling is erg beperkt in dit gebied. De potenties kunnen verder uitgebouwd worden door een verbetering van de waterkwaliteit van de Barbierbeek.
- Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek: de ruimte voor een vrijere ontwikkeling is wel aanwezig maar beperkt door de gronden waar landbouw gehandhaafd blijft en het aldus ook behouden van de zuidelijke Barbierbeekdijk.
- Dynamische Barbierbeek: de beek krijgt veel ruimte in de polders van Kruibeke en Bazel om zich vrij te ontwikkelen en invloed te doen gelden op bijna alle gronden in het gebied.

De perspectieven voor de natuurontwikkeling worden duidelijk groter, uitgaande van de variant met ontwikkeling binnen de bedijking via de variant die een deel van de Kruibeekse polder beïnvloedt naar een dynamisch beekstelsel in de polder van Kruibeke en een stuk van de polder van Bazel.

3. Behoud huidige functies, dat wil zeggen dat er wordt bekeken in welke mate de nieuwe inrichting de huidige gebiedsfuncties heeft beïnvloed. Het gaat dan om de functies land- en bosbouw, recreatie en sportvisserij.
- Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking: Alle functies blijven bestaan als in de huidige situatie, maar de functie natuur voor het gebied tussen de dijken wordt verder ontwikkeld (10 ha).
- Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek: het deel van de polder van Kruibeke tussen de Barbierbeek en de Nieuwe Gaanweg (60 ha) krijgt een nieuwe functie, namelijk natuur. Op de gronden rondom dit gebied blijft de oorspronkelijke functie landbouw gehandhaafd. In dit gebied werd altijd al gevestigd voor de sport. Met een verbetering van de kwaliteit van het gebied kan het gebied in de functie sportvisserij en recreatie een rol gaan spelen.
- Dynamische Barbierbeek: Voor de polders Kruibeke en Bazel wordt de functie land- en bosbouw volledig veranderd in de functie natuur.

De varianten Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking en Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek veroorzaken geen of geringe veranderingen in de functies die voor het gebied gelden. De geringe veranderingen zijn dan wel ten goede van de functie natuur. In de variant Dynamische Barbierbeek wordt een duidelijke ommezwaai gemaakt in de functietoekenning in het gebied. De functie natuur heeft hier duidelijk de prioriteit gekregen.

4. Inspanning benodigde ingrepen, dat wil zeggen: de inspanning die geleverd moet worden bij de uitvoering van de ingrepen.
- Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking: er worden geen ingrepen uitgevoerd in deze variant.
- Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek: om deze inrichting te kunnen realiseren zouden de volgende ingrepen uitgevoerd moeten worden:
 - ◊ beschermen zuidelijke dijk met natuurlijke materialen
 - ◊ afgraven noordelijke oever tot $\pm 2,5$ m TAW
 - ◊ afgraven noordelijke oever tot op niveau maaiveld
 - ◊ uitgraven nieuwe potentiële loop
 - ◊ verwijderen oude funderingen
- Dynamische Barbierbeek: om deze inrichting te kunnen realiseren kunnen de volgende ingrepen uitgevoerd worden:
 - ◊ uitdiepen loop van de Barbierbeek
 - ◊ uitbaggeren van de Kruibeekse Kreek

- ◇ aanleggen uitgestrekte waterplas langs de overlooppdijk in de Bazelse polder
- ◇ afgraven noordelijke en zuidelijke Barbierbeekdijken

De natuurontwikkeling in het gebied tussen de huidige bedijking zal zonder veel inspanning in het gebied zelf verlopen. De inspanning zal met name geleverd worden om een goede waterkwaliteit van de Barbierbeek. Dit geldt ook voor de andere varianten. Zowel de variant "Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek" als de variant "Dynamische Barbierbeek" gaan gepaard met ingrijpende maatregelen. Bij "Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek" vinden meer kleinschalige ingrepen plaats die op de betreffende schaal een grote impact hebben. Bij "Dynamische Barbierbeek" vinden grootschalige grove ingrepen plaats die minder kunstmatig van karakter lijken te zijn dan bij "Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek".

Bovenstaande wordt samengevat in de volgende tabel:

criterium	Natuurontwikkeling binnen de huidige bedijking	Ruimte voor een meer natuurlijke Barbierbeek	Dynamische Barbierbeek
Veiligheid	±	±	±
Perspectieven voor natuurontwikkeling	-	+	++
Behoud huidige functies	++	+	-
Inspanning benodigde ingrepen	+	-	--

Tabel 13.2: vergelijking van de inrichtingsvarianten voor de Barbierbeek in het GOG-KBR.

Hier in is:

- + /++ : betreffende optie is positiever ten opzichte van anderen
- ± : de optie is niet duidelijk positiever, maar ook niet negatiever
- /-- : betreffende optie is negatiever ten opzichte van anderen

14. Referenties

(anoniem, zonder jaar (a))

anoniem, zonder jaar. Rioleringsplannen in stroomgebied Barbierbeek Vlaamse Milieu-maatschappij, afdeling Planning, Erembodegem, België

(anoniem, zonder jaar (b))

anoniem, zonder jaar. Brochure "Hydrostal, pompelpompen, voor ruw afvalwater en slib", Barendrecht, Nederland

(anoniem, zonder jaar (c))

anoniem, zonder jaar. Poelen en waterkanten, Regionaal Landschap Noord-Hageland, Tielt, België

(anoniem, 1978)

anoniem, 1978. Gewestplan 1978 Sint Niklaas-Lokeren

(anoniem, 1982)

anoniem, 1982. Totaal rioleringsplan van de gemeente Beveren, toelichtingsnota, Studiebureau n.v. S.W.K., Gent, België

(anoniem, 1985)

anoniem, 1985. Totaal rioleringsplan van de gemeente Kruibeke, toelichtingsnota, Studiebureau n.v. S.W.K., Gent, België

(anoniem, 1988)

anoniem, 1988. Totaal rioleringsplan van de gemeente Temse, toelichtingsnota, Studiebureau n.v. S.W.K., Gent, België

(anoniem, 1992 (a))

anoniem, 1992. AWP-II Inventarisatie 1991, nr. 39 Barbierbeek, Vlaamse Milieu-maatschappij, bestuur Meetnetten en Onderzoek, dienst Water, Aalst, België

(anoniem, 1992 (b))

anoniem, 1992. Cultuur technisch vademecum, Vereniging voor Landinrichting, Utrecht, Nederland

(anoniem, 1993)

anoniem, 1993. De Barbierbeek. Intercommunale Vereniging van het Land van Waas e.v., Sint Niklaas, België

(anoniem, 1994)

anoniem, 1994. Algemene milieu-impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaplan, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, België

(anoniem, 1995 (a))

anoniem, 1995. Referatenboek 3^{de} Internationale Schelde-symposium, Stad Antwerpen, Antwerpen, België

(anoniem, 1995(b))

anoniem, 1995. Waterkwaliteit 1995, Jaarverslag meetnet oppervlaktewater, Vlaamse Milieu-maatschappij, bestuur Meetnetten en Onderzoek, dienst Water, Aalst, België

(anoniem, 1997)

anoniem, 1997. Natuurontwikkeling Kruibeke-Bazel-Rupelmonde, Bureau Stroming, Laag Keppel, Nederland

(Bakker, 1985)

Bakker, 1985. Hooien zonder bemesting: hoe langer hoe schraler?, *De Levende Natuur*, 86ste jaargang, nr. 4

(Biesemans, 1996)

Biesemans, 1996. Studie van de hydrologische en waterbouwkundige aspecten van een inrichting van de polder Kruibeke-Bazel-Rupelmonde als Gecontroleerd Overstromingsgebied van de Schelde, Laboratorium voor Hydrologie en Water, Gent, België

(Blust De *et al*, 1985)

Blust De *et al*, 1985. Biologische Waarderingskaart van België, Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Coördinatiecentrum van de Biologische Waarderingskaart, Brugge, België

(Baeyens, 1976)

Baeyens, 1976. Bodemkaart van België- Verklarende tekst bij het kaartblad Hoboken 43-W, Gent, België

(Claessens *et al*, 1994)

Claessens *et al*, 1994. Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1981-1990, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Antwerpen, België

(Deventer Van, 1994)

Deventer Van, 1994. Milieutechnologie van schoonmaaktechnologie naar schone technologie, Alphen aan de Rijn, Nederland

(Germonpré, 1994)

Germonpré, 1994. Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaams Gewest en preliminair onderzoek naar de schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, België

(Goossens, 1984)

Goossens, 1984. De polder van Kruibeke: een historisch-ecologische en politiek-geografische benadering van het natuurbehoud, Universiteit Gent, Faculteit van de Wetenschappen, Vakgroep Aardrijkskunde, Gent, België

(Hennissen, 1998)

Hennissen en Meire, 1998. Inrichting van het gecontroleerd overstromingsgebied Kruibeke, Bazel en Rupelmonde, berekeningen i.v.m. de toepassing van een gereduceerd getij in de polder van Kruibeke, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België

(Hofmann, 1997)

Hofmann, 1997. Vegetatie in het toekomstig getijdepark Kruibeke?, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België

(Horan, 1990)

Horan, 1990. Biological Wastewater Treatment Systems, Theory and Operation, Department of Civil Engineering, University of Leeds, Leeds, U. K.

(Kerstens, 1996)

Kerstens, 1996. Sigmaplan voor de beveiliging van het zeescheldenbekken tegen stormvloeden op de Noordzee, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Zeeschelde, België

(Lenssens, 1985)

Lenssens, 1985. Alternatieve waterzuiveringstechnieken, geïntegreerd waterkwaliteitsbeheer in landelijke gebieden, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, België

(Martens, 1994)

Martens, 1994. De polder van Kruibeke: een historisch - ecologische en politiek - geografische benadering in het kader van het natuurbehoud. Thesis faculteit Wetenschappen, Universiteit Gent, Gent, België

(Meirsman De, 1992)

Meirsman De, 1992. De Barbierbeekvallei Fase 1, Voorstel tot rangschikking als landschap, Gemeente Kruibeke, Kruibeke, België

(Mutreja, 1986)

Mutreja, 1986. Applied Hydrology, New Delhi, India

(Nachtergale, 1994)

Nachtergale, 1994. Onderzoek naar de mogelijkheden voor bosontwikkeling in het gekontroleerd overstromingsgebied van de gemeente Kruibeke met behulp van een Land Informatie Systeem, Universiteit Gent, Gent, België

(Nagels et. al., 1993)

Nagels et. al., 1993. Onderzoek naar de verspreiding en de typologie van de ecologisch waardevolle waterlopen in het Vlaamse Gewest, AMINAL / UIA, Antwerpen, België

(Nortier, 1994)

Nortier, 1994. Toegepaste Vloeistofmechanica, Hydraulica voor waterbouwkundigen, Halsteren, Nederland

(Ridder De, 1996)

Ridder De, 1996. Helofytenfilters, Integratie van een oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen, LBL-mededeling, Utrecht, Nederland

(Riemersma, 1988)

Riemersma, 1988. Ecologische inrichting van beken, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij te Nieuwegein, Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School, Velp, Nederland

(Snacken; 1969)

Snacken, 1969. Bodemkaart van België: Verklarende tekst bij het kaartblad Temse 42-E, Gent, België

(Thompson, 1987)

Thompson, 1987. De vijver, Tiel, België

(Thuyne Van *et al.*, 1997)

Thuyne Van *et al.*, 1997. Visbestandsopname op de Barbierbeek en de polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde, Oost-Vlaanderen, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en provinciaal centrum voor Milieuonderzoek Oost-Vlaanderen, Hoeilaart / Gent, België

(Van den Balck, 1998 (a))

Van den Balck, 1998. Invloed van occasionele overstromingen op de vegetatie in de polders van Bazel en Rupelmonde en potenties voor natuur: behoud waar nodig, ontwikkeling waar mogelijk, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België

(Van den Balck, 1998 (b))

Van den Balck, 1998. Literatuuroverzicht van de vegetatie en haar determinanten op alluviale vlakten langs de grote, West-Europese rivieren, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België

(Van den Balck, 1998 (c))

Van den Balck, 1998. Contaminatie van de bodem van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België

(Vanwijck, zonderjaar)

Vanwijck, zonder jaar. Het Gecontroleerde overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, St.-Niklaas, België

(Weeda *et al.*, 1985)

Weeda *et al.*, 1985 Nederlandse Oecologische Flora, wilde planten en hun relaties, Amstelveen, Nederland

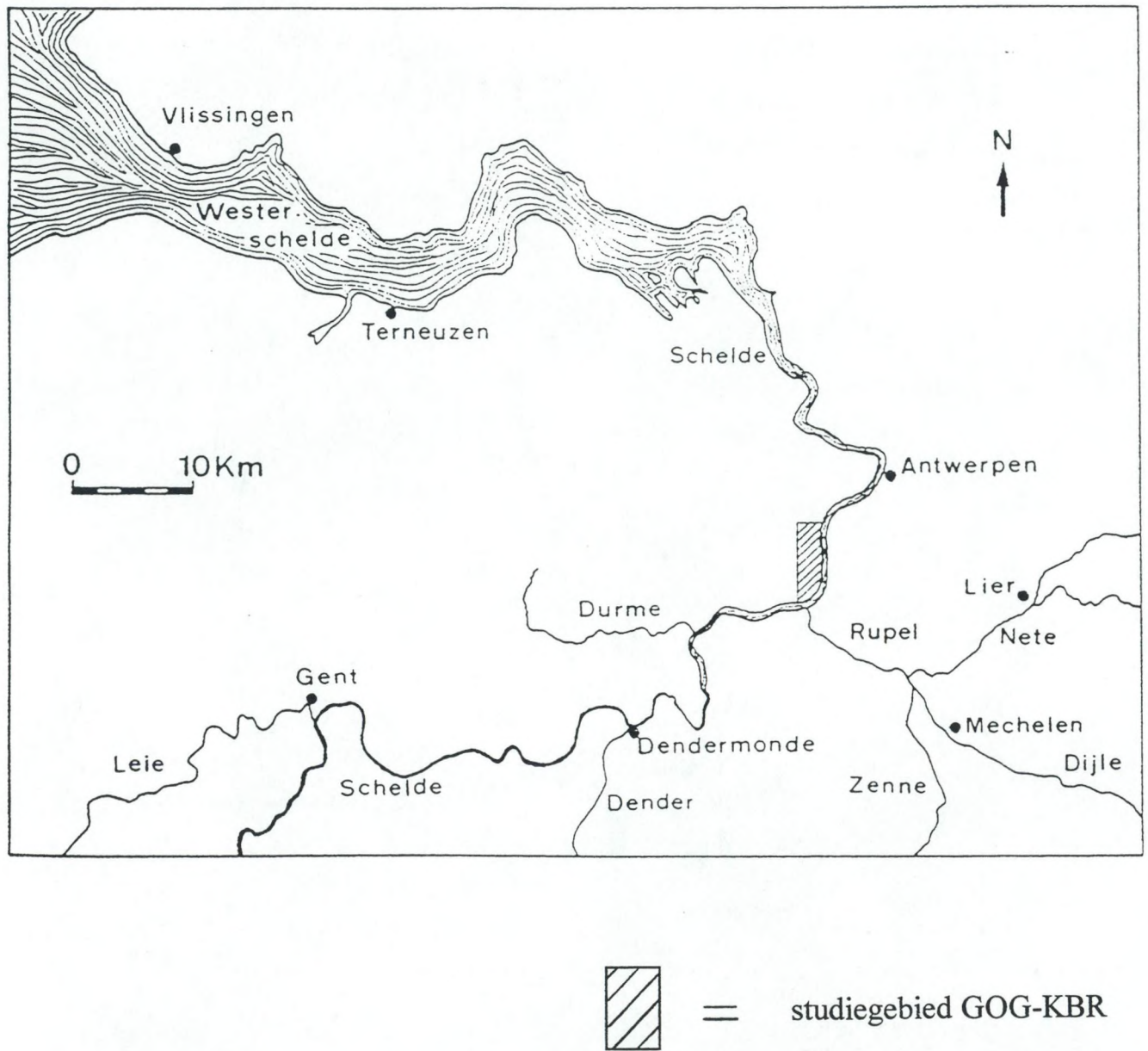
Figuren

1. Situering van het studiegebied GOG-KBR in het Scheldebekken
2. Ontwerp voor Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke, Bazel en Rupelmonde
3. Polder van Kruibeke hoogteligging
4. Polder van Bazel hoogteligging
5. Polder van Rupelmonde hoogteligging
6. Hydrografische situatie in het studiegebied GOG-KBR
7. Uittreksel gewestplan Sint Niklaas-Lokeren (1978)
8. Stroomgebied Barbierbeek
9. Basis-ontwerp uit 1984, Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke, Bazel en Rupelmonde
10. Indeling van de polders
11. Schematische voorstelling van de uitwateringssluizen
12. Uitwateringssluizen te Tielrode
13. Belangrijkste industrieconcentraties in stroomgebied Barbierbeek
14. Fosfaatbemesting ten opzichte van fosfaatnorm
15. TRP-plannen en reeds aangelegde riolering in stroomgebied Barbierbeek
17. Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 1
18. Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 2
19. Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 3
20. Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 4
21. Situering Kleine Molenbeek nabij Liezele en de Barbierbeek
22. Vallei-model met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 4,0 m TAW
23. Detailopname uit figuur 22
24. Wachtbekken uit Vallei-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 4,0 m TAW
25. Valleimodel met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 4,5 m TAW
26. Detailopname uit figuur 25
27. Wachtbekken uit Vallei-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 4,5 m TAW
28. Valleimodel met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 5,0 m TAW
29. Detailopname uit figuur 28
30. Wachtbekken uit Vallei-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 5,0 m TAW
31. Polder-model met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 4,0 m TAW
32. Detailopname uit figuur 31
33. Wachtbekken uit Polder-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 4,0 m TAW
34. Polder-model met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 4,5 m TAW
35. Detailopname uit figuur 34
36. Wachtbekken uit Polder-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 4,5 m TAW
37. Polder-model met een wachtbekken met een toelaatbare waterstand van 5,0 m TAW
38. Detailopname uit figuur 37
39. Wachtbekken uit Polder-model langs de ringdijk met een toelaatbare waterstand van 5,0 m TAW
40. Effect van de Barbierbeek, met een debiet van $0 \text{ m}^3/\text{s}$, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij
41. Effect van de Barbierbeek, met een debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij

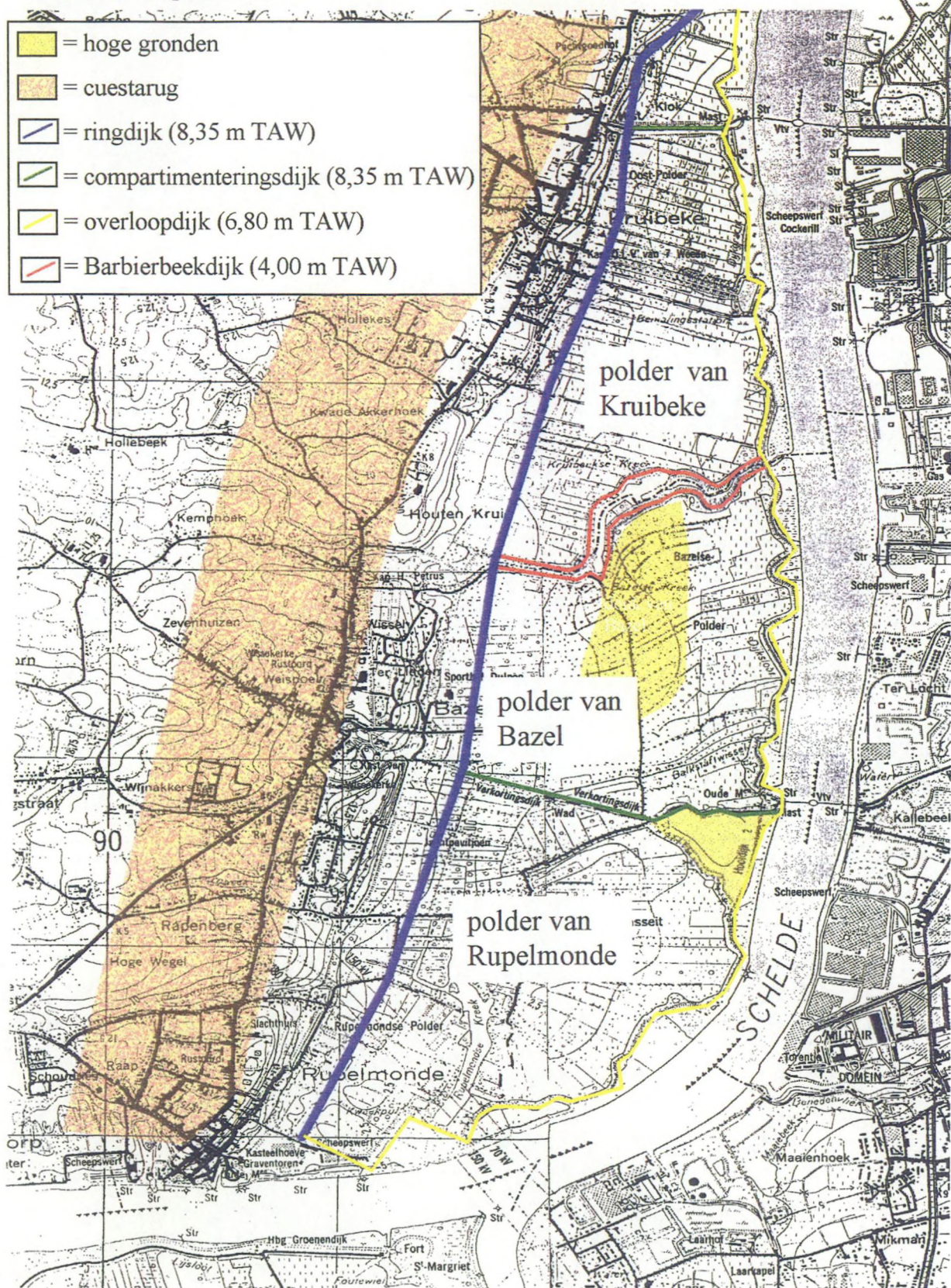
42. Effect van de Barbierbeek, met een debiet van $2 \text{ m}^3/\text{s}$, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij
43. Wachtbekken voor de woonkern van Bazel met de lokaties van de doorsneden en de ingrepen
44. Barbierbeekvallei op de Biologische Waarderingskaart
45. Voorgestelde ingrepen
46. Voorgestelde maatregelen voor dynamische Barbierbeek

Figuur 1: Situering van het studiegebied GOG-KBR in het Scheldebekken

bron: [Martens, 1994]

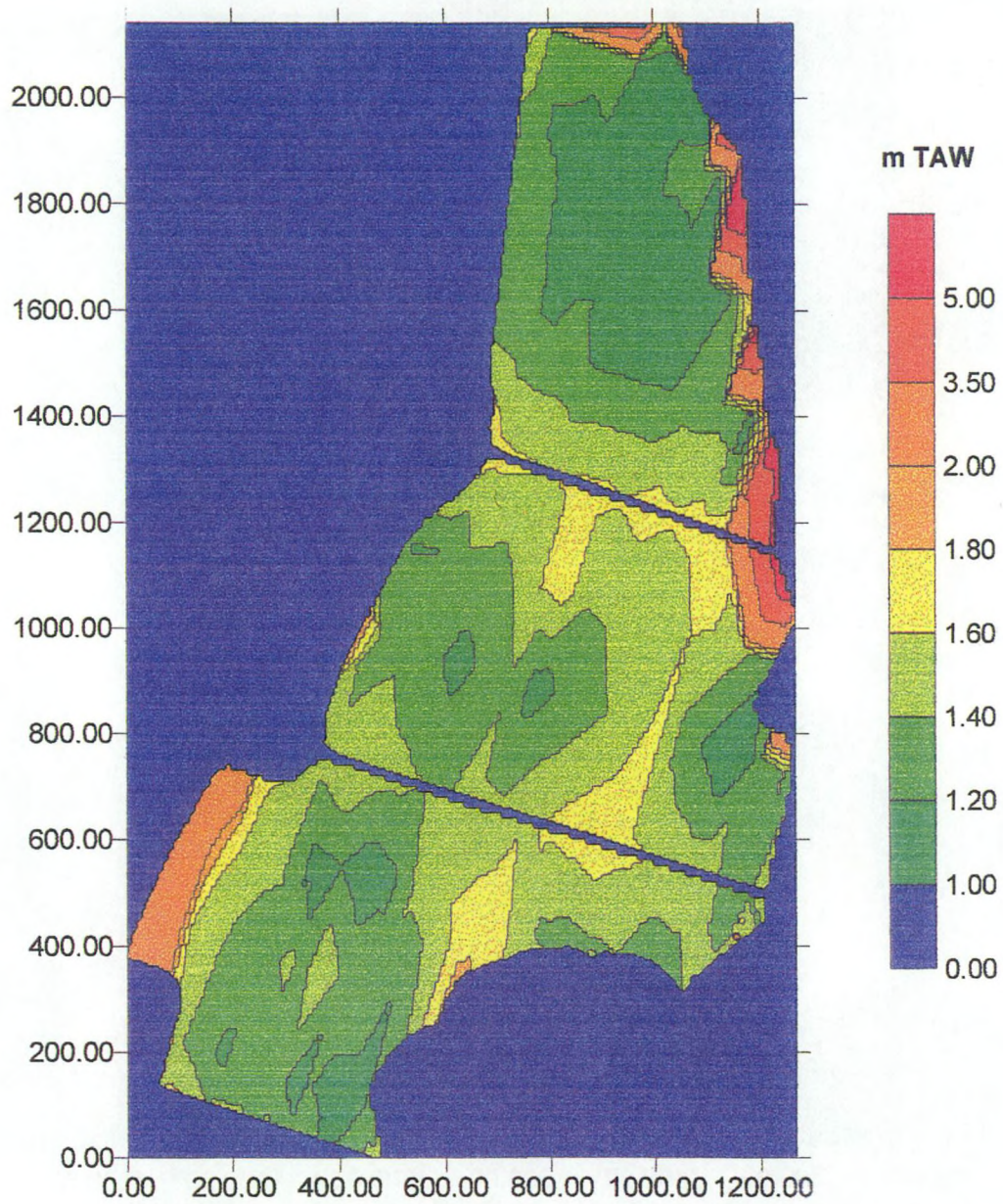


Figuur 2: Ontwerp voor Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke, Bazel en Rupelmonde



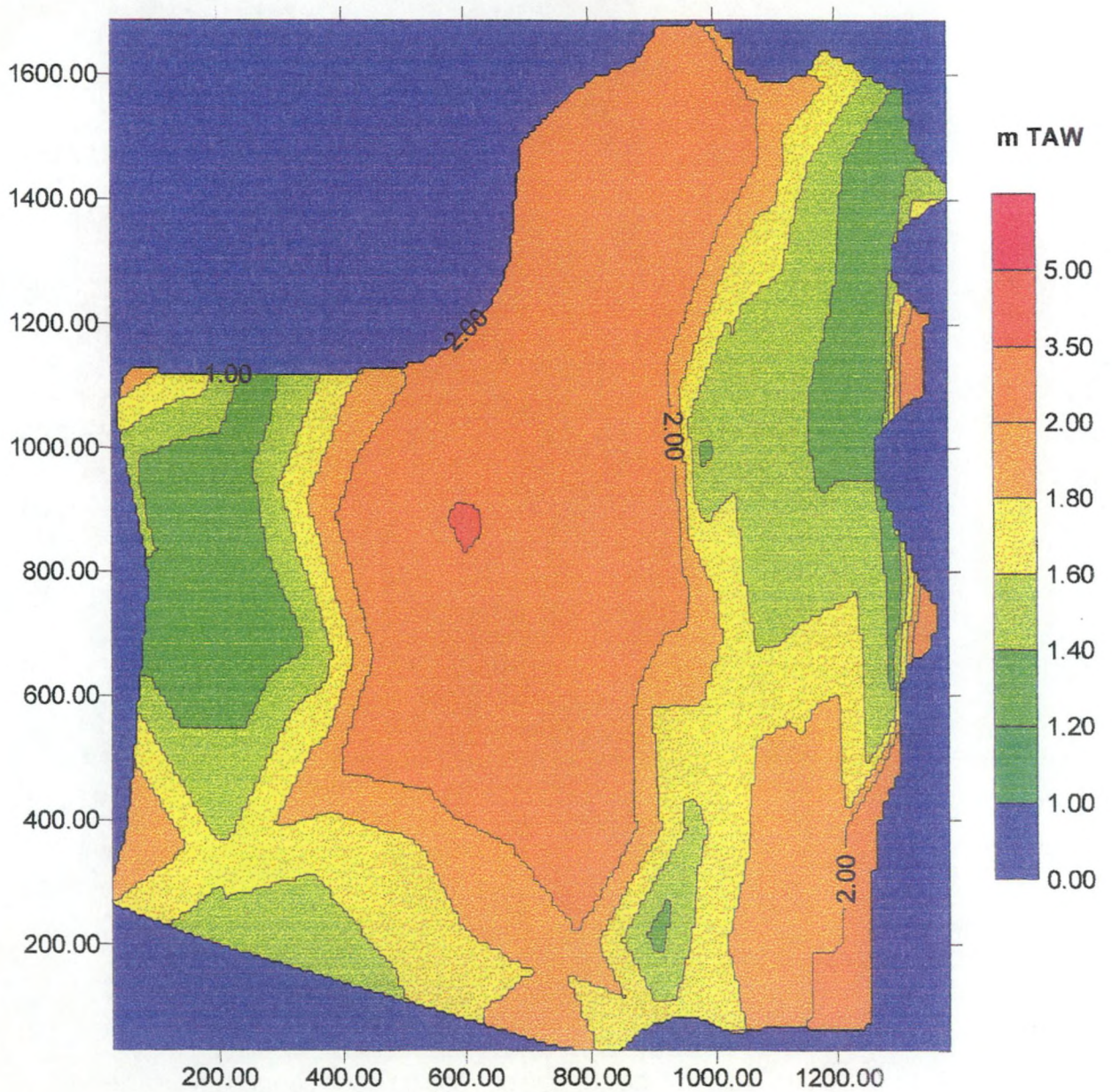
Figuur 3

Polder van Kruibeke Hoogteligging



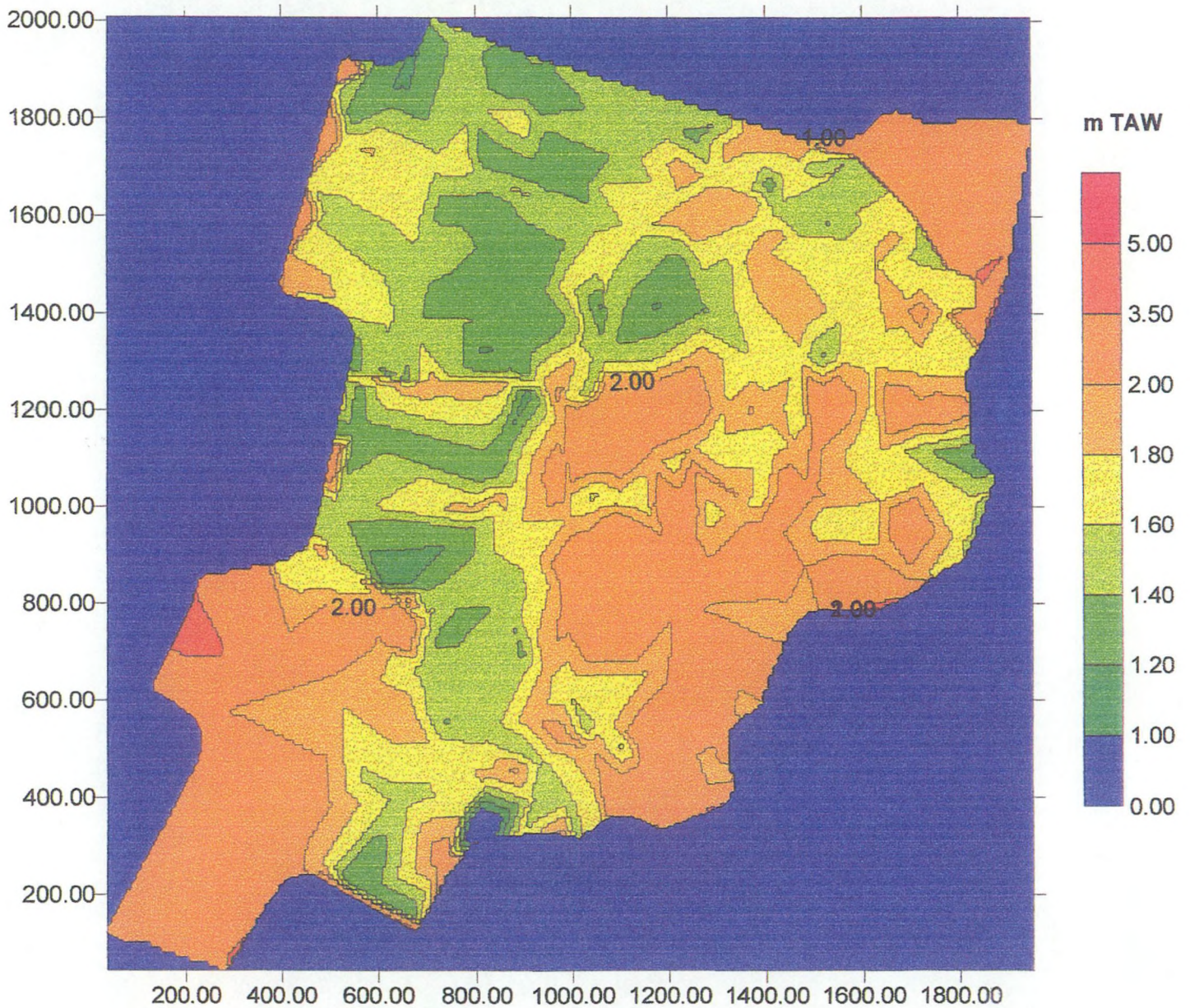
Figuur 4

Polder van Bazel Hoogteligging



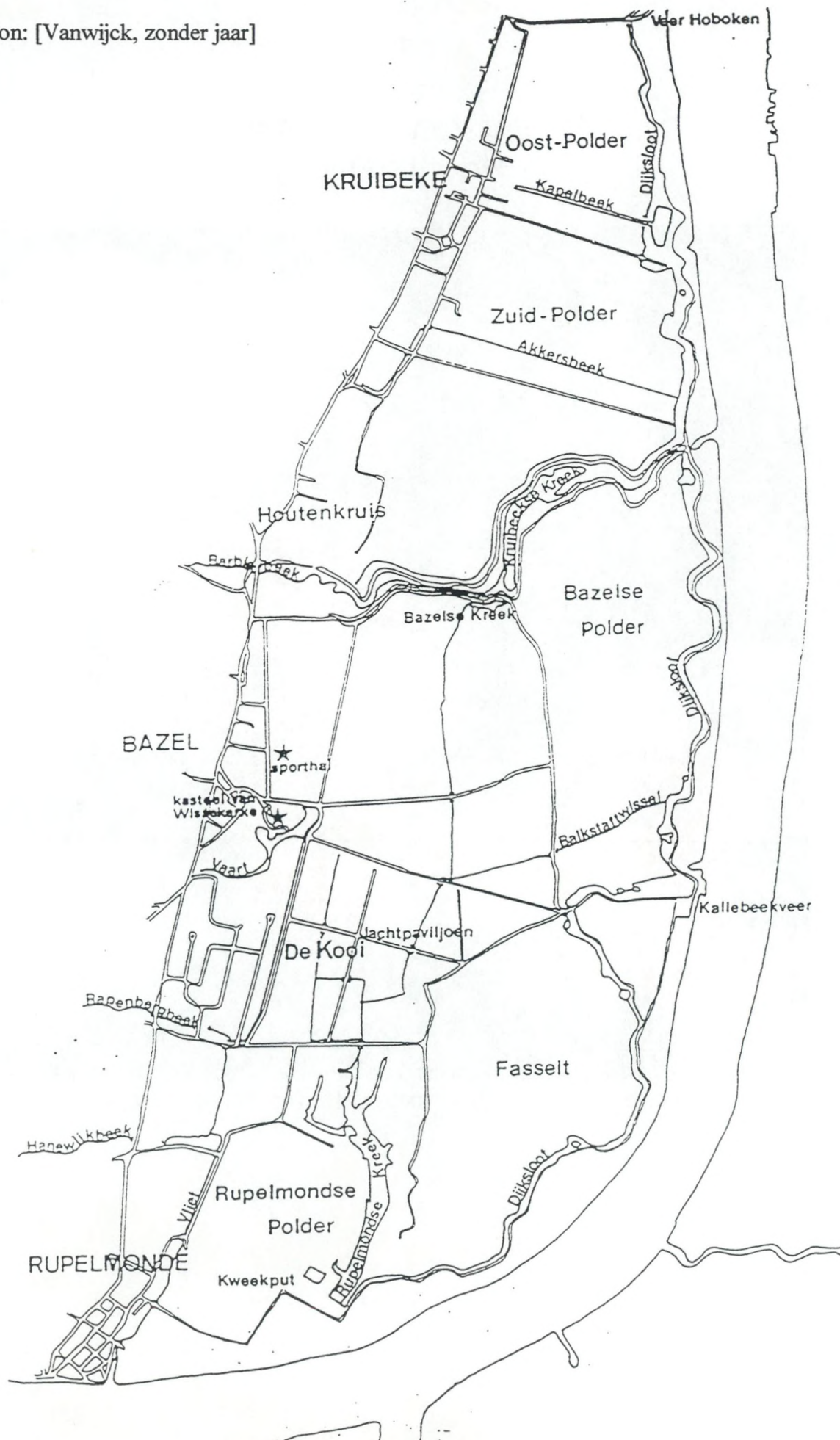
Figuur 5

Polder van Rupelmonde Hoogteligging



Figuur 6: Hydrografische situatie in het studiegebied GOG-KBR

bron: [Vanwijck, zonder jaar]

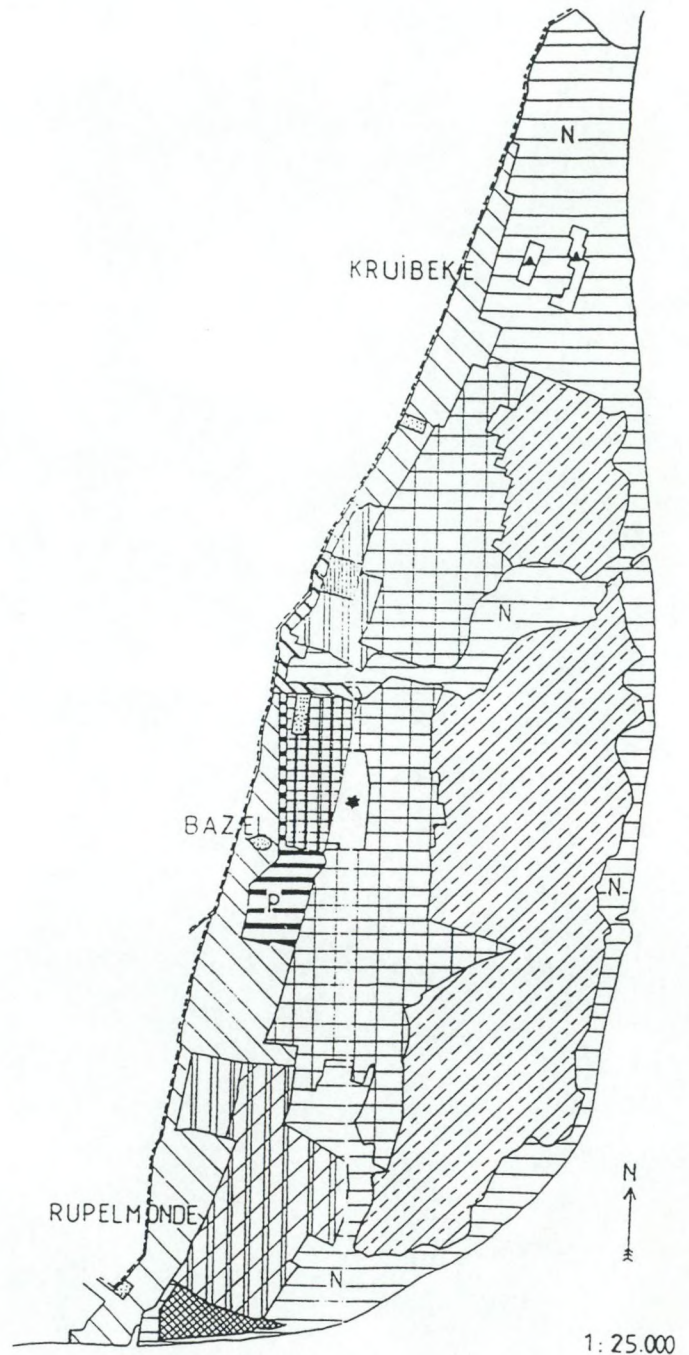


Figuur 7: Uittreksel gewestplan Sint Niklaas-Lokeren (1978)



bron: [Martens, 1994]

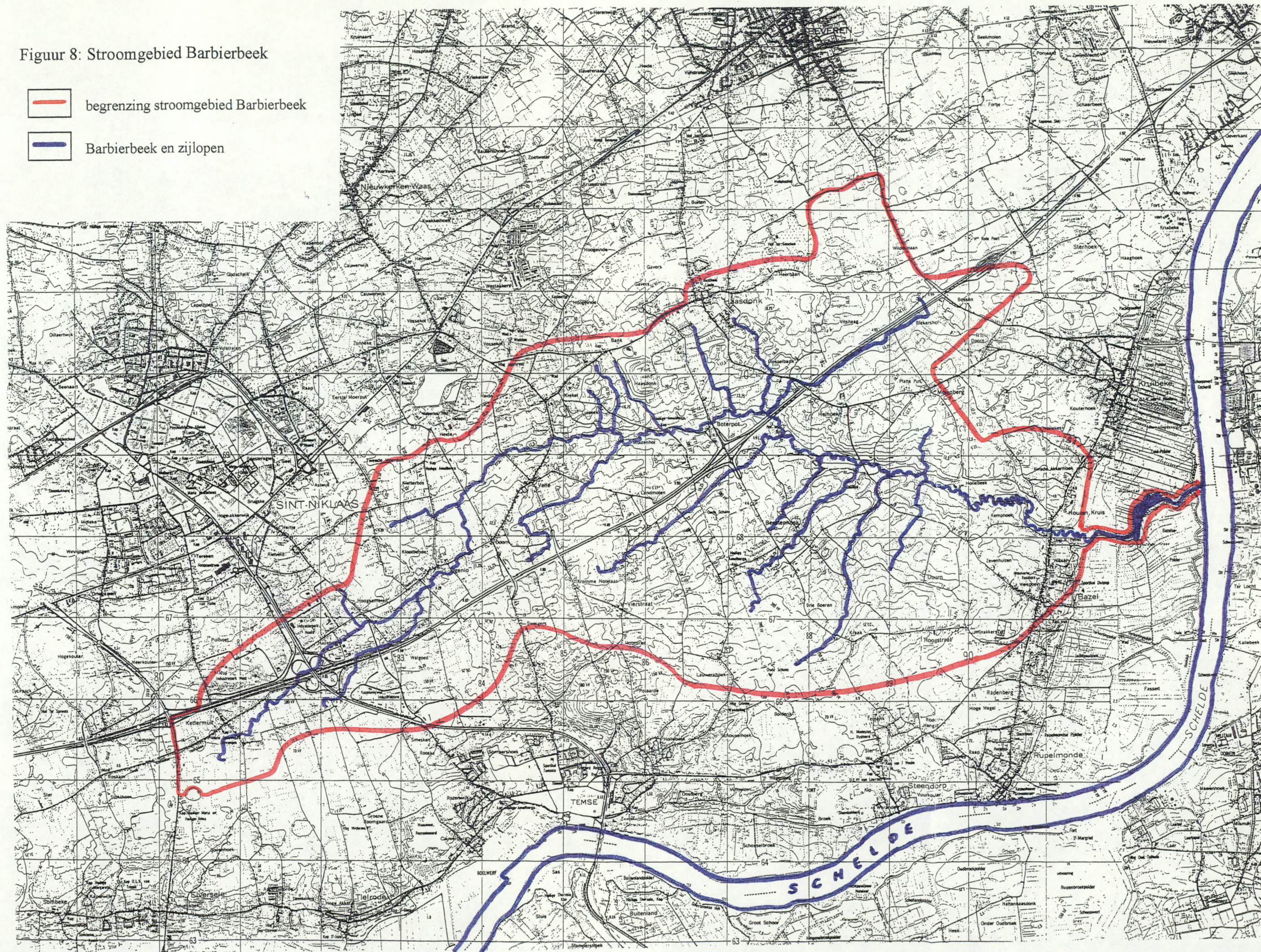
LEGENDE

-  woongebied
-  woonuitbreidingsgebied
-  woongebied met landelijk karakter
-  industriegebied
-  gebied voor ambachtelijke bedrijven en KMO's
-  agrarisch gebied
-  bosgebied
-  natuurgebied
-  parkgebied
-  landschappelijk waardevol gebied
-  valleigebied
-  gebied voor dagrecreatie
-  gebied voor verblijfrecreatie
-  gebied voor sport en spel
-  gebied voor gemeenschaps- en openbare nutsvoorzieningen
-  reservatie- en erfdiensbaarheidsgebied
-  weg



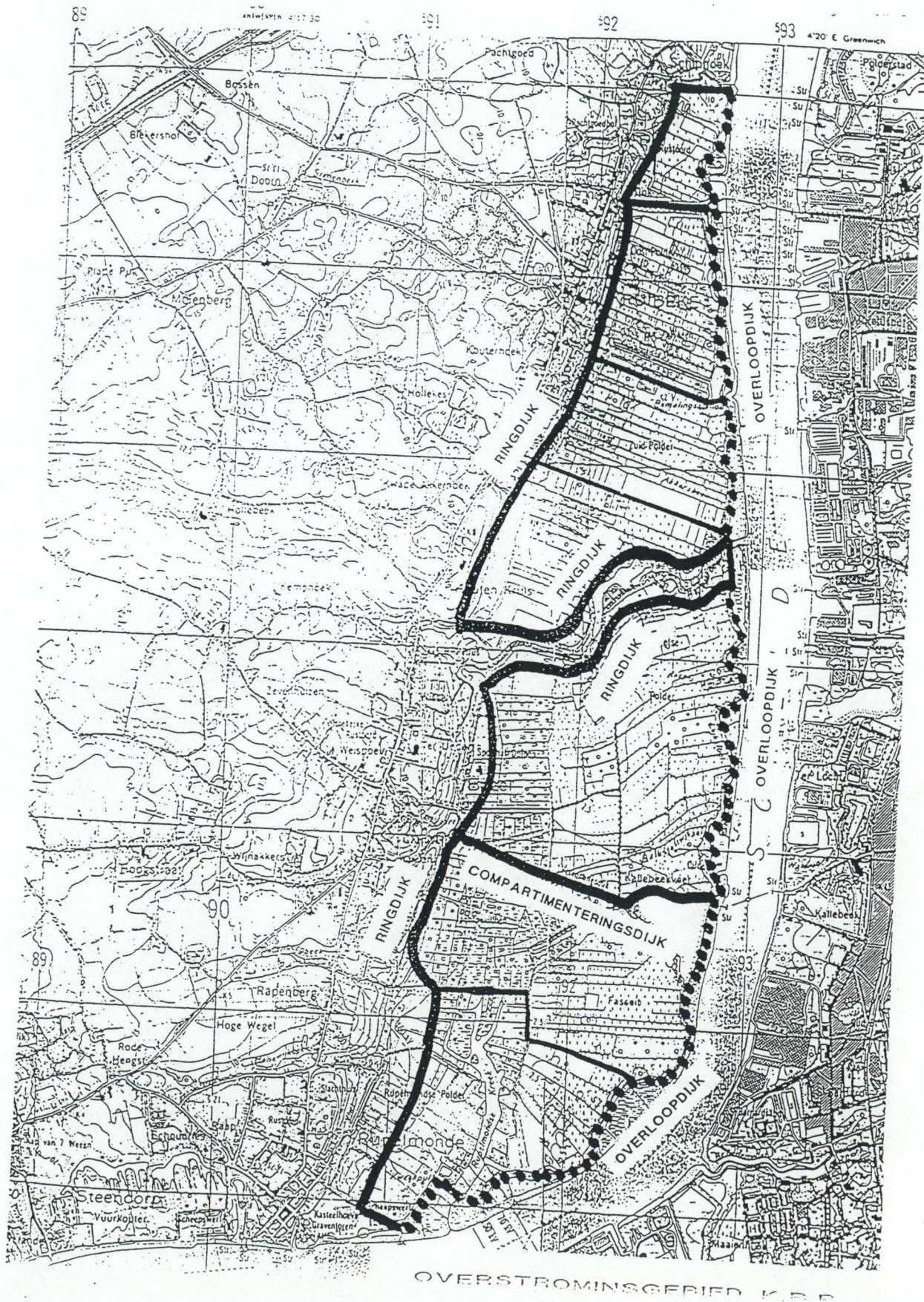
Figuur 8: Stroomgebied Barbierbeek

-  begrenzing stroomgebied Barbierbeek
-  Barbierbeek en zijlopen



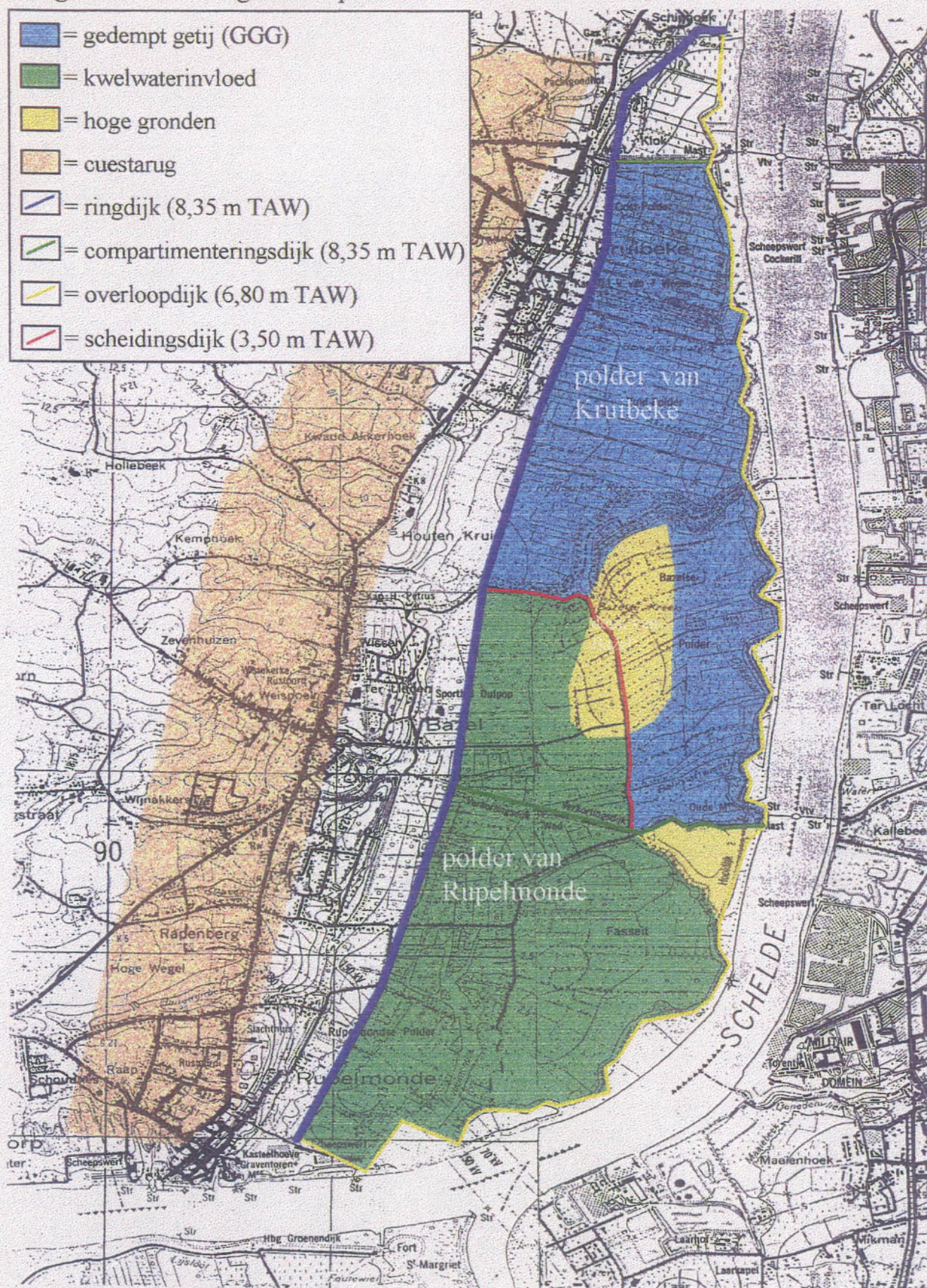
Figuur 9: Basis-ontwerp uit 1984, Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

[Vanwijck, zonder jaar]

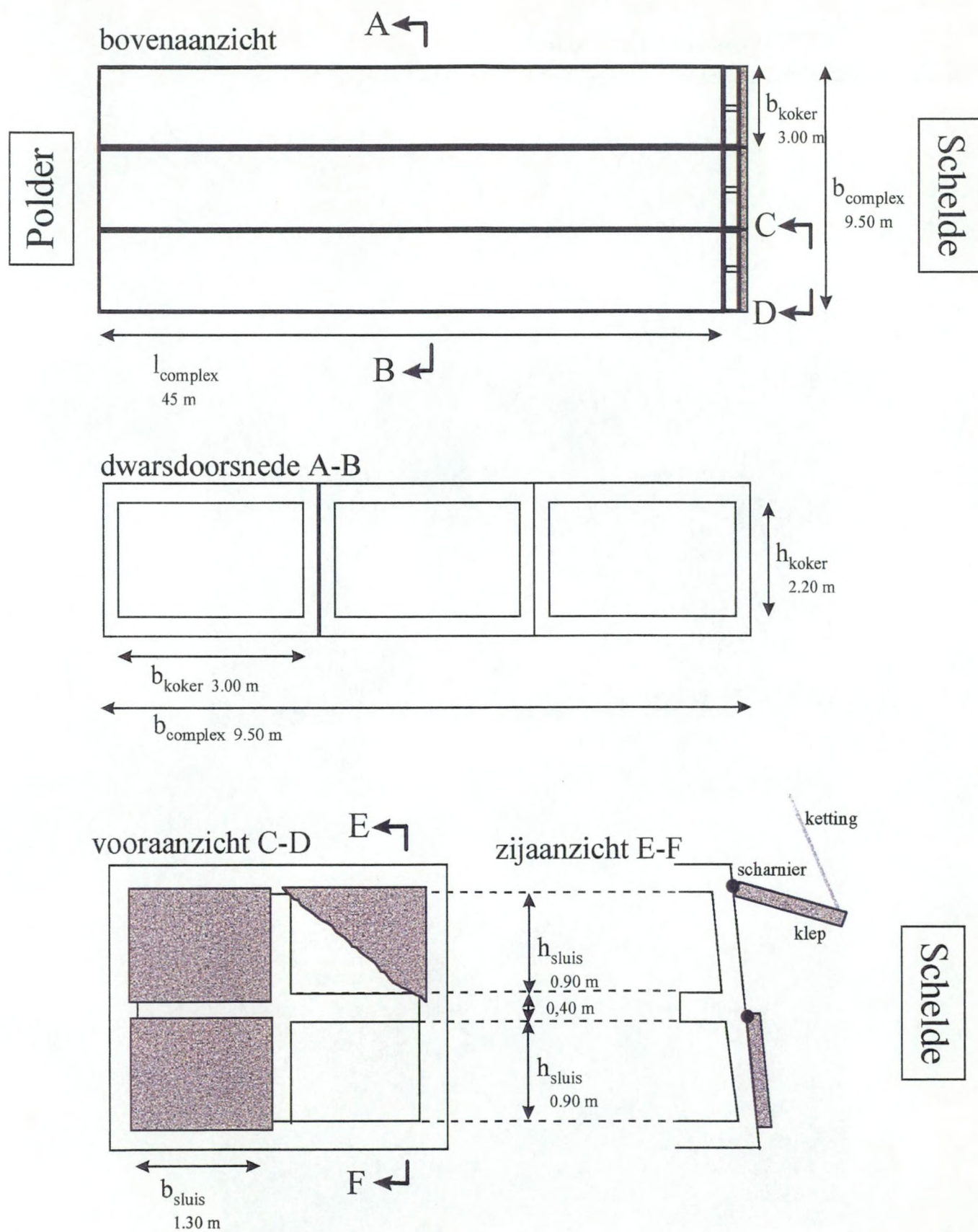


OVERSTROMINGSGEBIED K.R.B.

Figuur 10: Indeling van de polders



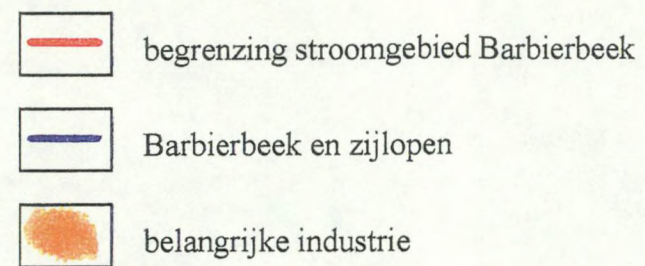
Figuur 11: Schematische voorstelling van de uitwateringssluizen



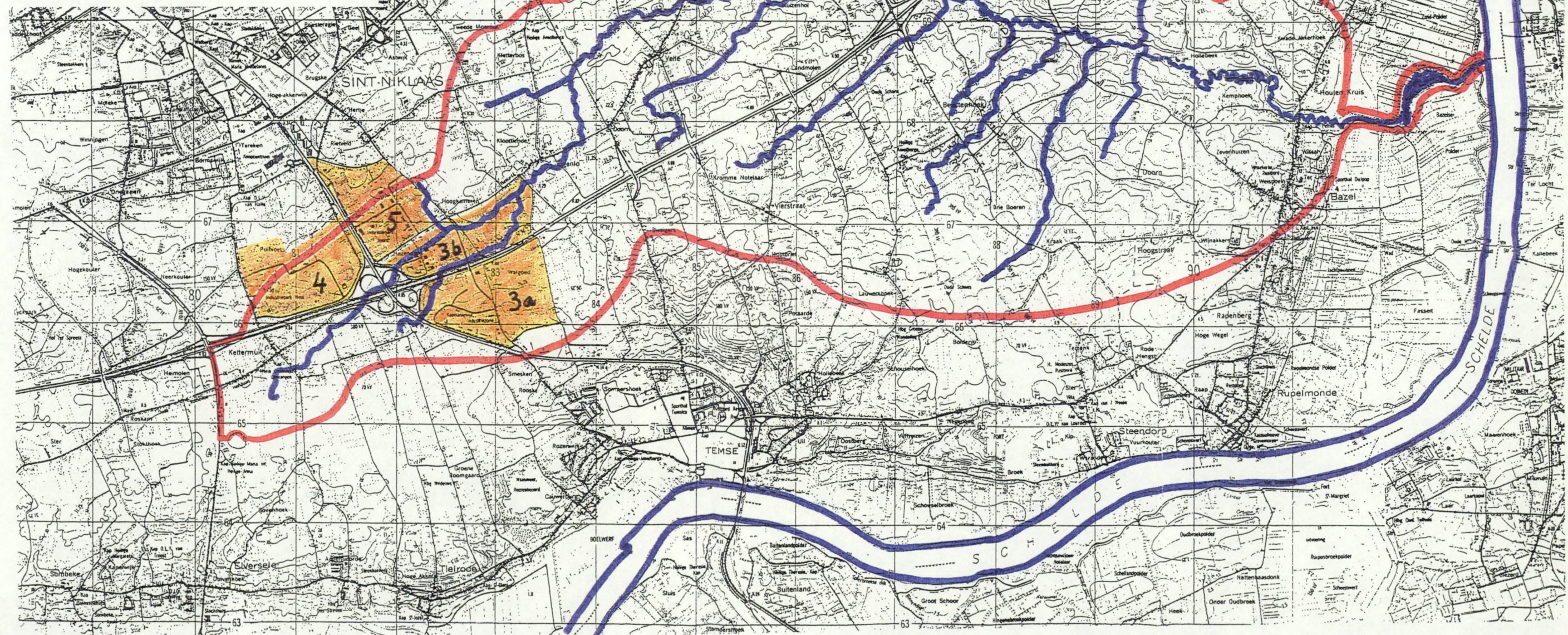
Figuur 12: Uitwateringssluizen te Tielrode
(bovenste foto is gezien vanaf de Schelde, onderste foto vanuit het GOG)



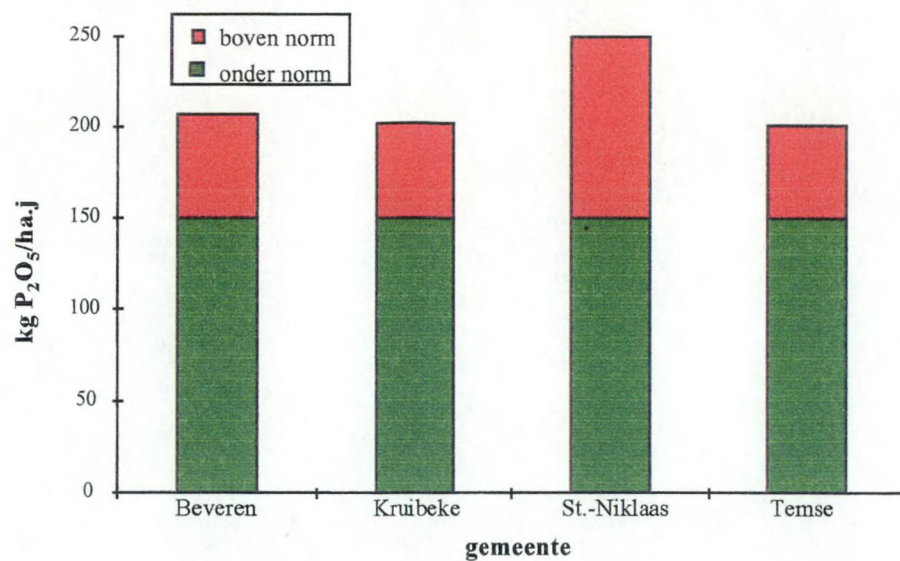
Figuur 13: Belangrijkste industrieconcentraties in stroomgebied Barbierbeek





- 1 = kippslachterij Van Hoey
 2 = textielveredelingsbedrijf Malapreat
 3 = Industriezone TTS
 3a = Kapelaniepark
 3b = Oost Jachtpark
 4 = Industriepark West
 5 = Industriepark Noord




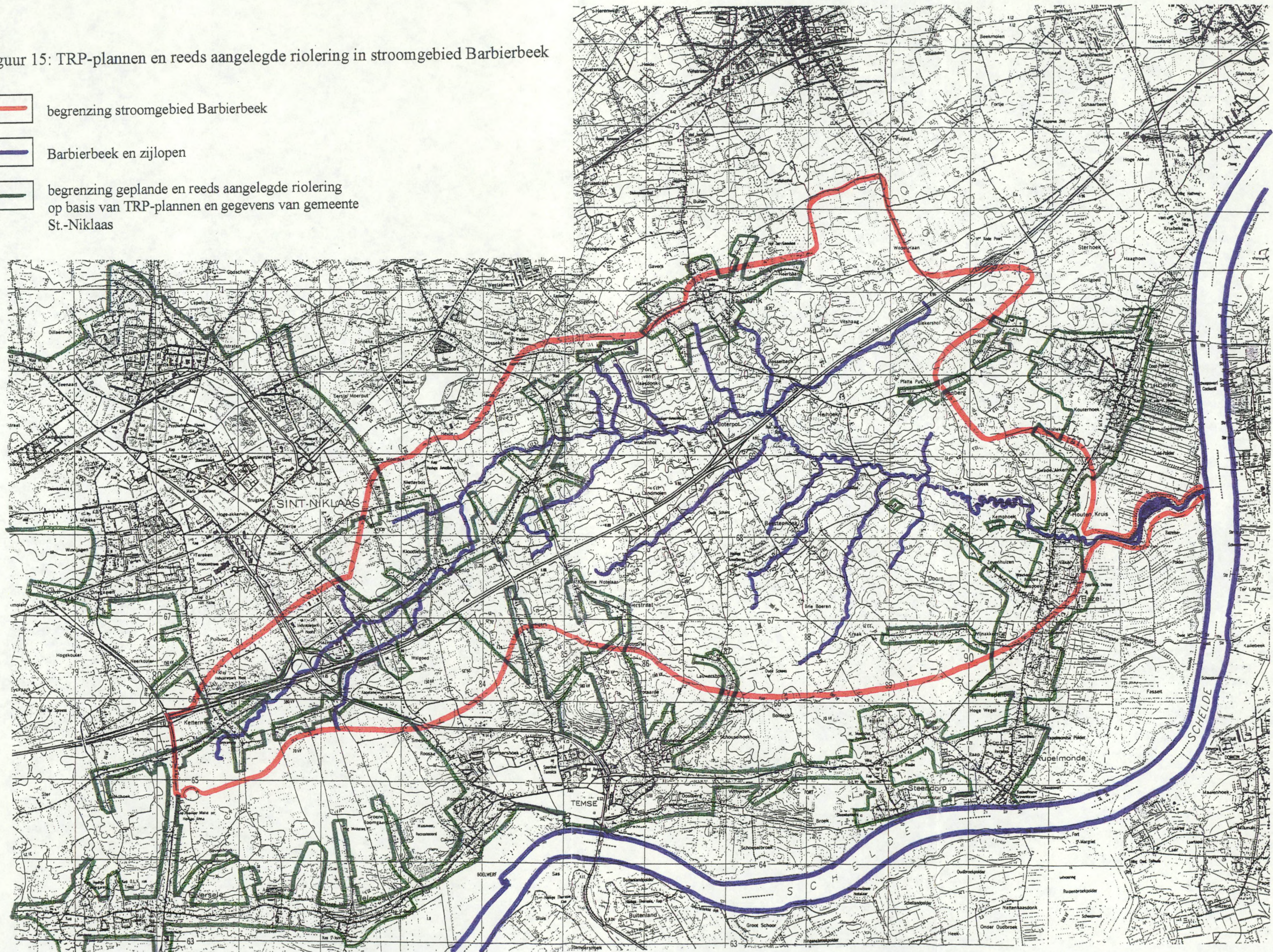
Figuur 14: Fosfaatbemesting t.o.v. fosfaatnorm (150 kg P₂O₅/ha.j)
(bron VMM)



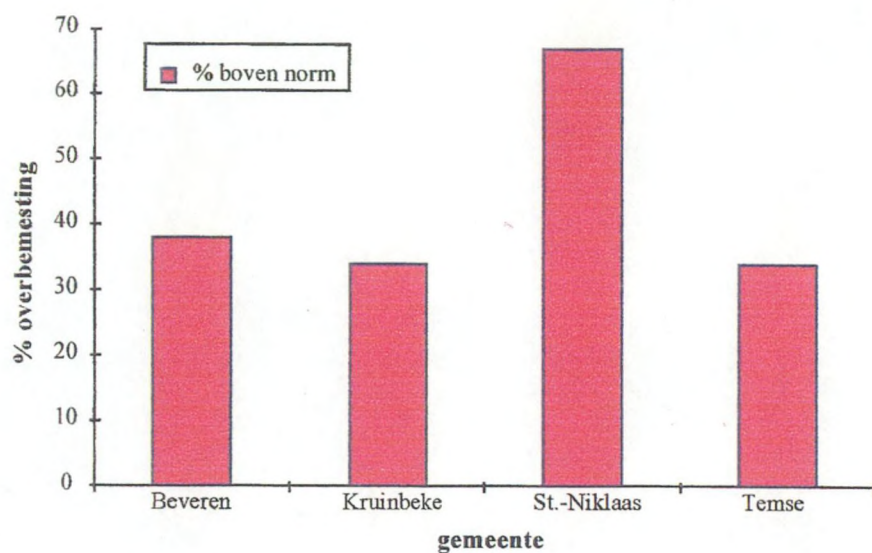
 begrenzing stroomgebied Barbierbeek

 Barbierbeek en zijlopen

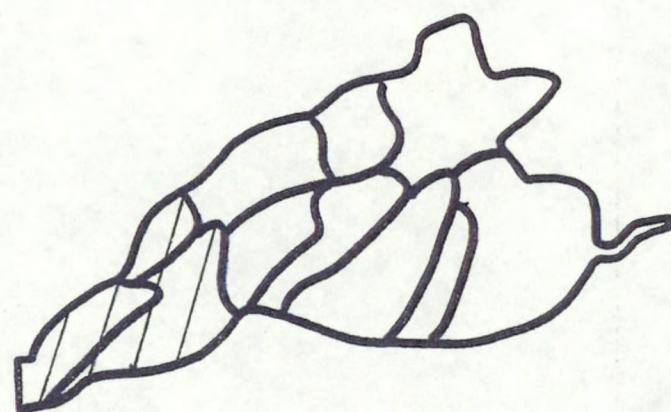
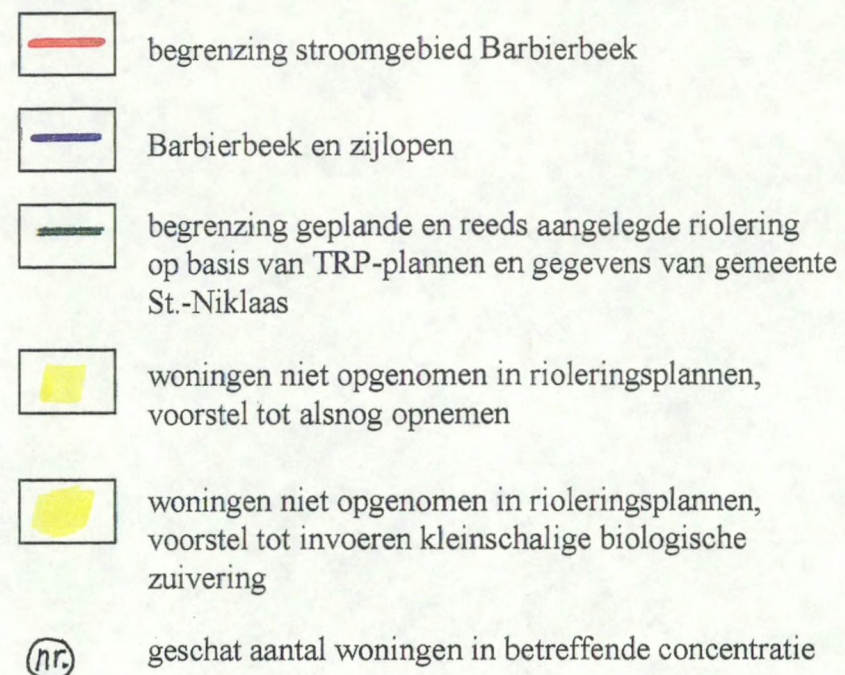
 begrenzing geplande en reeds aangelegde riolering op basis van TRP-plannen en gegevens van gemeente St.-Niklaas



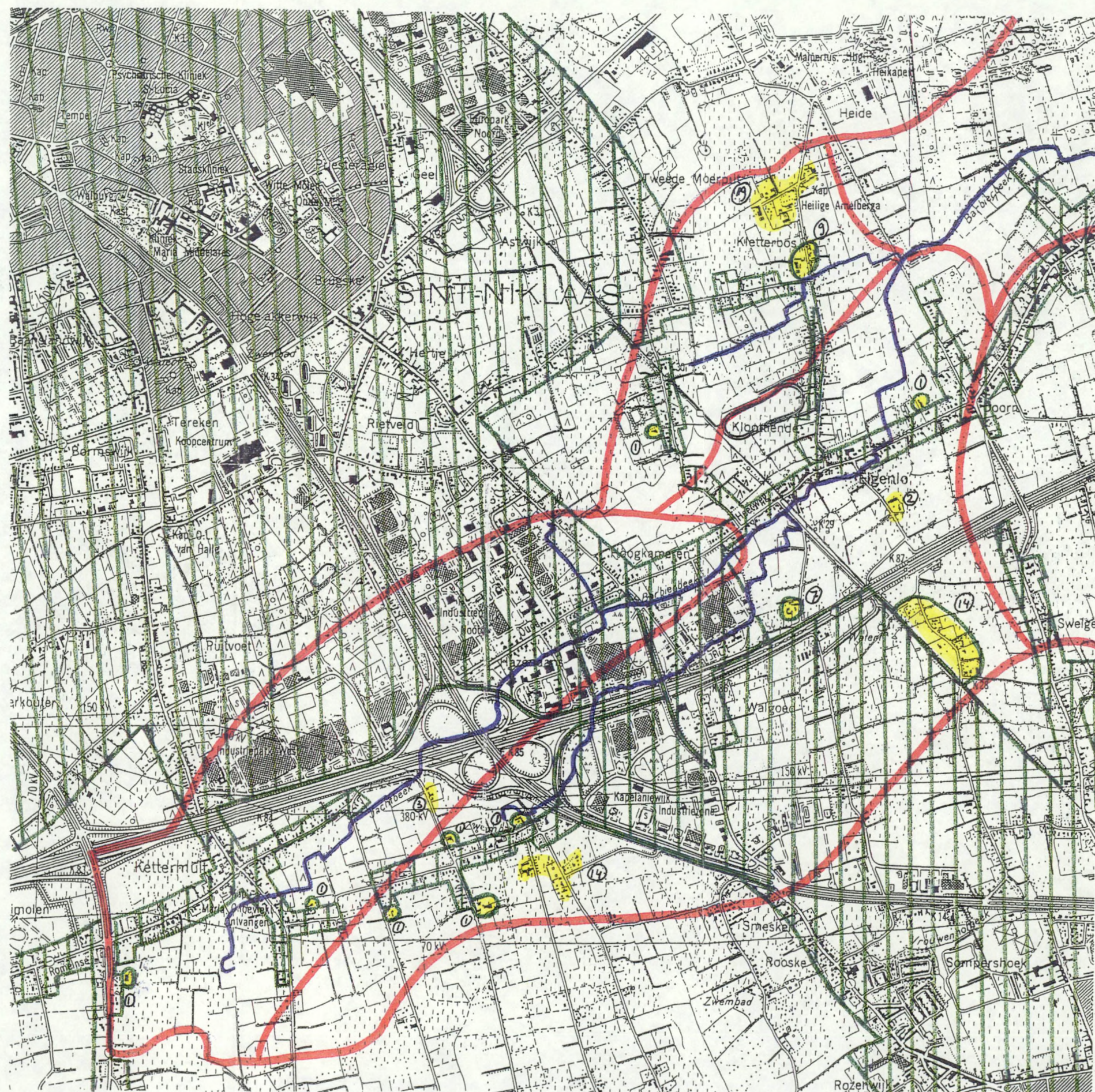
figuur 16: percentage overbemesting t.o.v fosfaatnorm (150 kgP₂O₅/ha.j)
(bron VMM)



Figuur 17: Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 1









 in dit deel uitgewerkte subbekkens

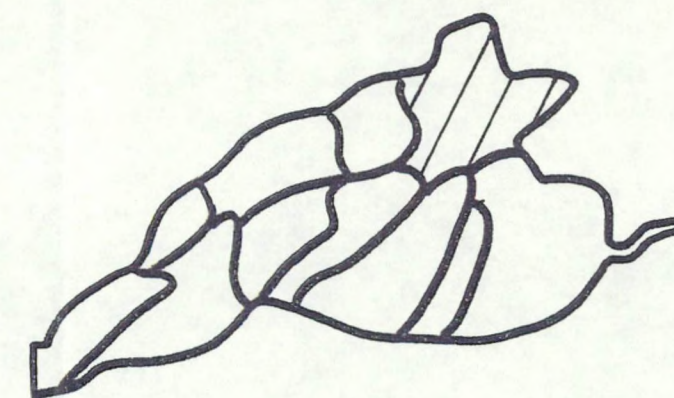



Figuur 18: Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 2

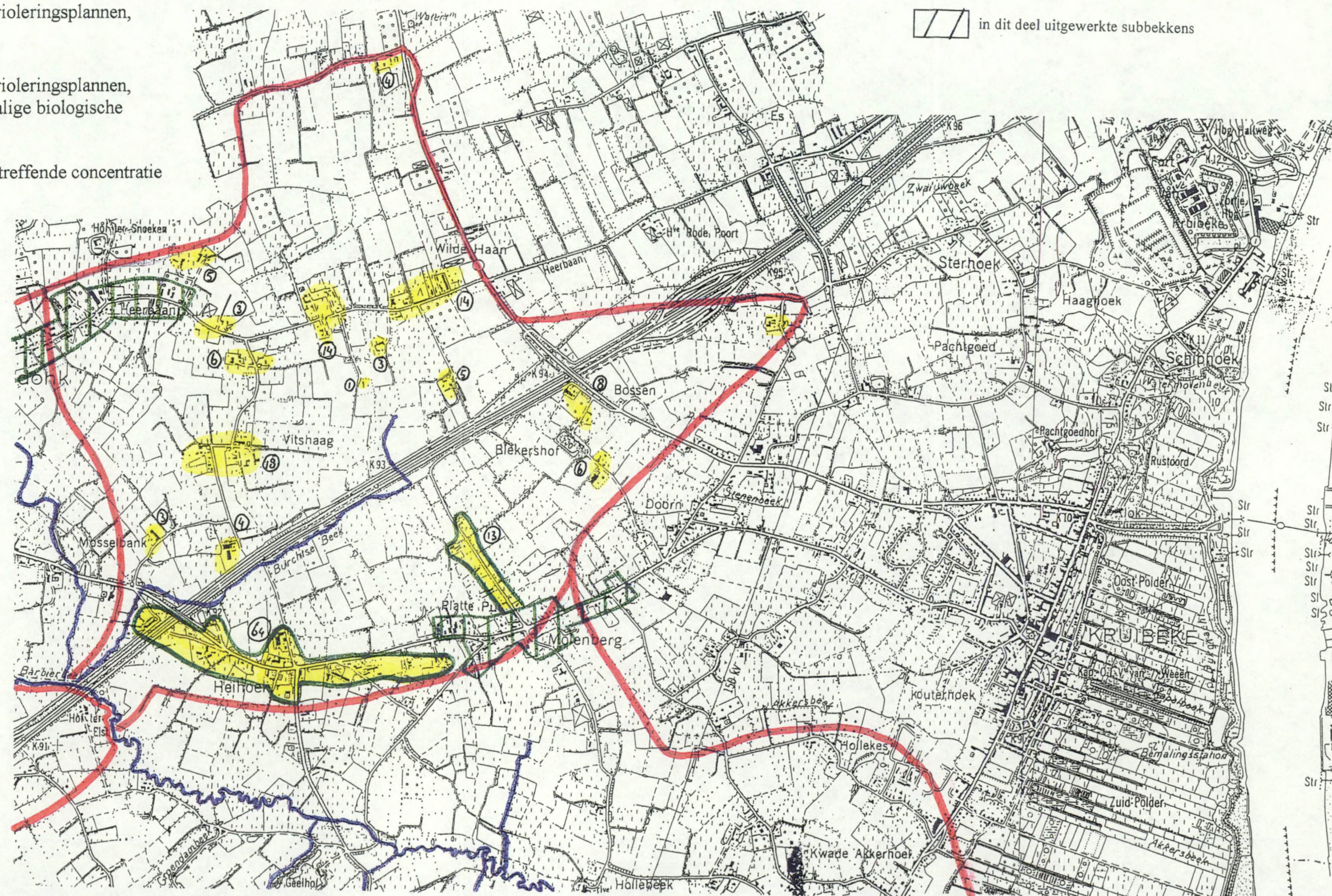


Figuur 19: Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 3

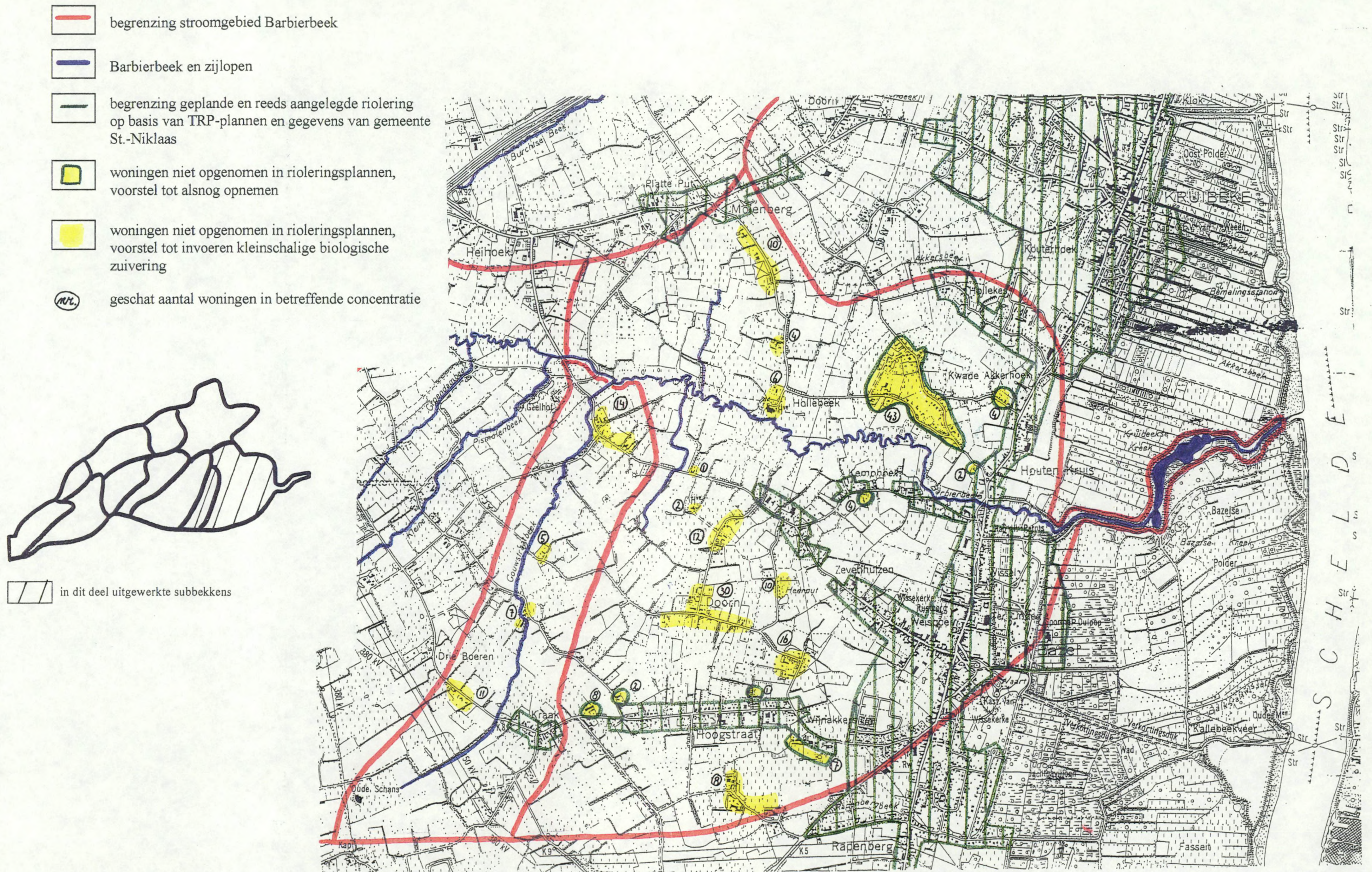
-  begrenzing stroomgebied Barbierbeek
-  Barbierbeek en zijlopen
-  begrenzing geplande en reeds aangelegde riolering op basis van TRP-plannen en gegevens van gemeente St.-Niklaas
-  woningen niet opgenomen in rioleringsplannen, voorstel tot alsnog opnemen
-  woningen niet opgenomen in rioleringsplannen, voorstel tot invoeren kleinschalige biologische zuivering
-  geschat aantal woningen in betreffende concentratie

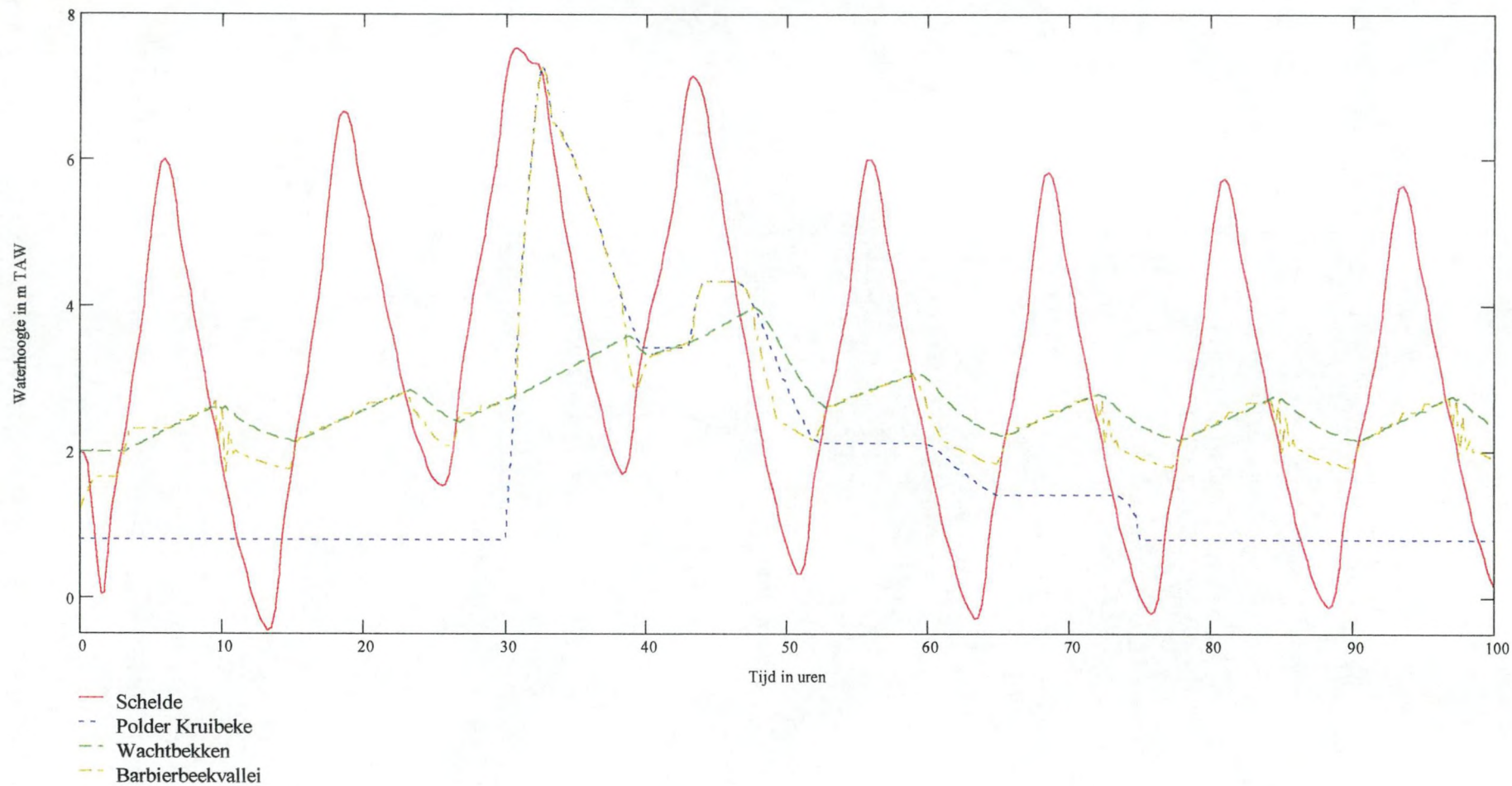


 in dit deel uitgewerkte subbekkens

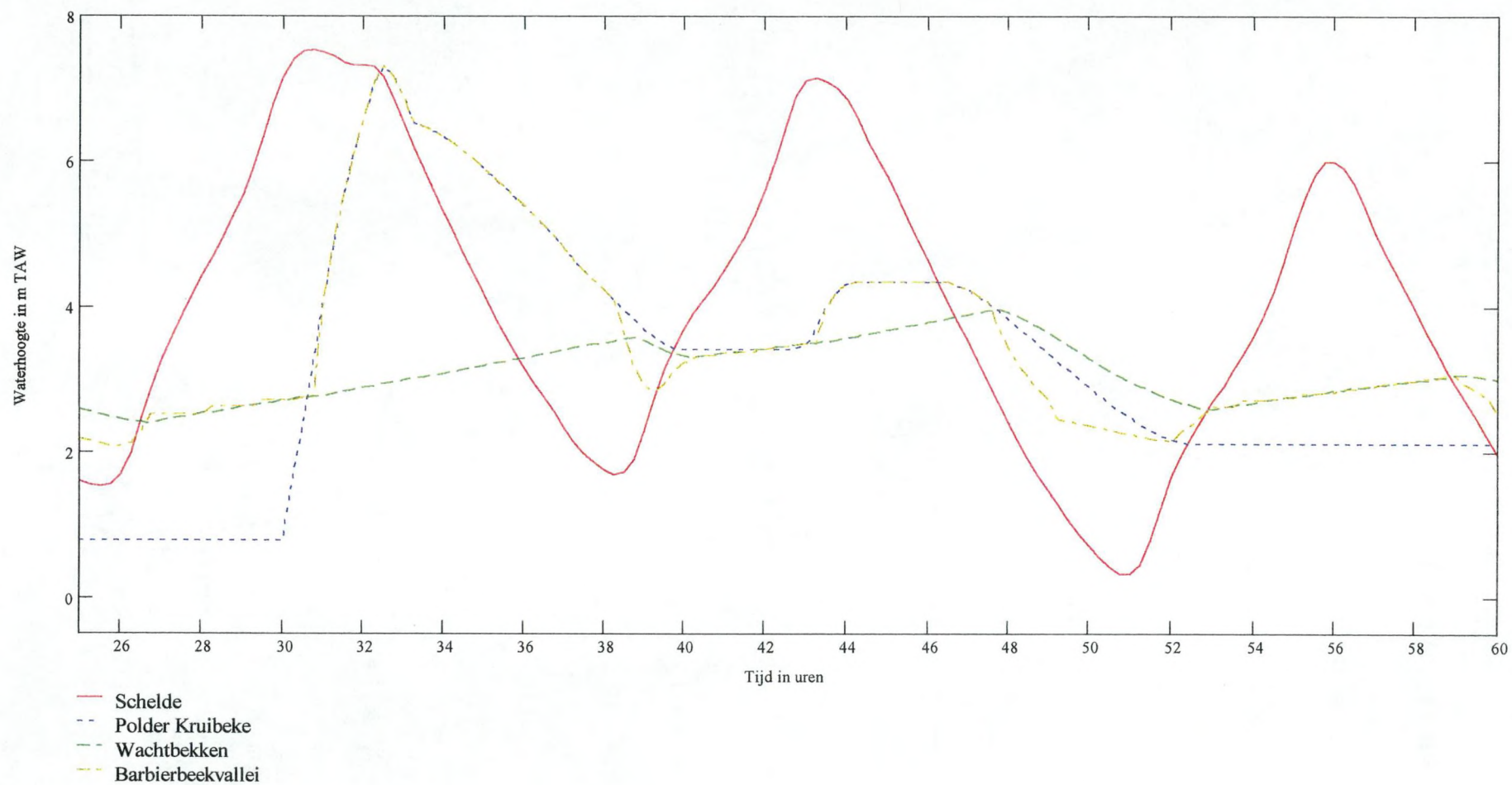


Figuur 20: Geplande en aanvullende maatregelen voor woningen in stroomgebied Barbierbeek, deel 4











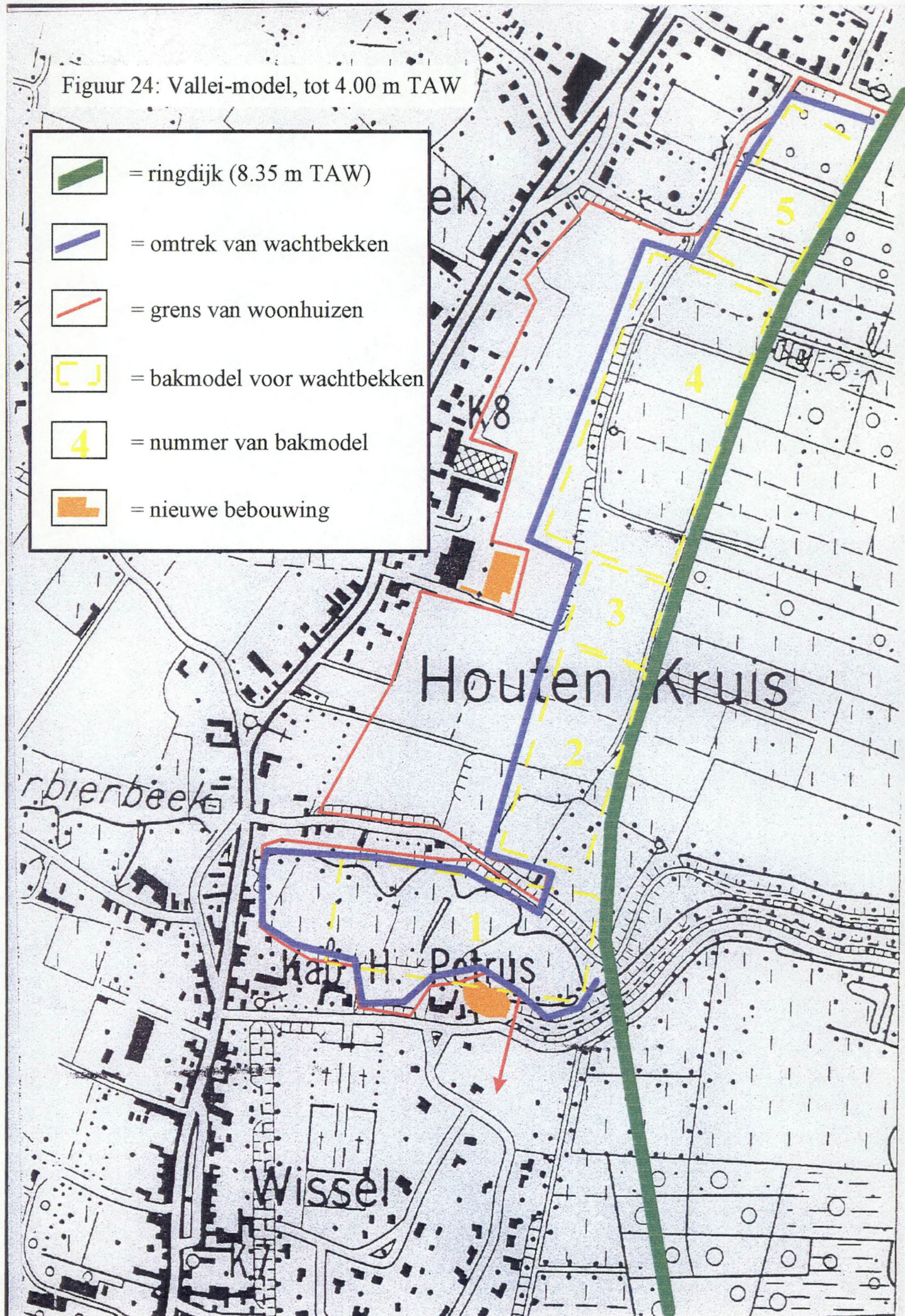
Figuur 22: Vallei-model, waterhoogten, tot 4,00 m TAW

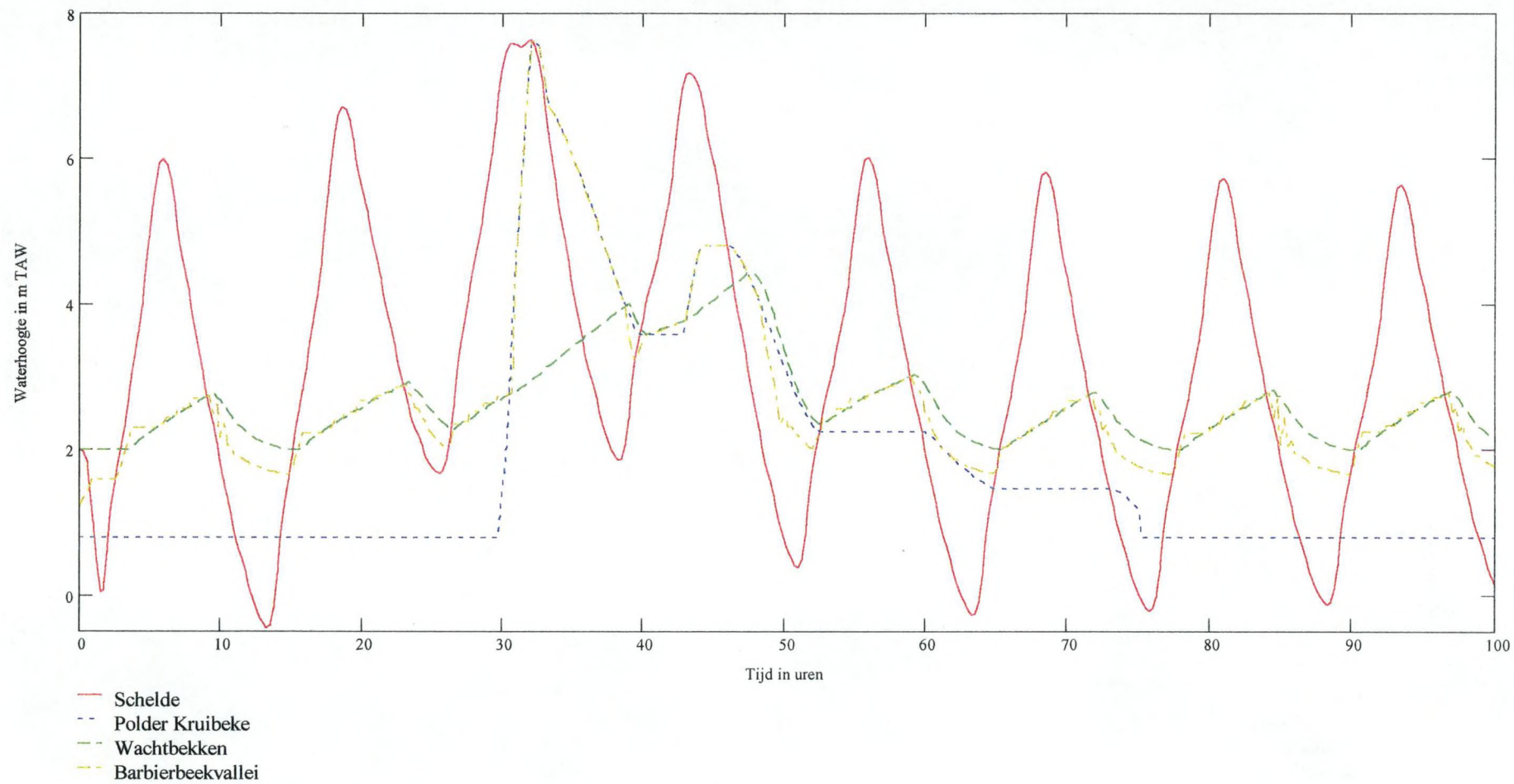


Figuur 23: Vallei-model, DETAIL waterhoogten, tot 4,00 m TAW

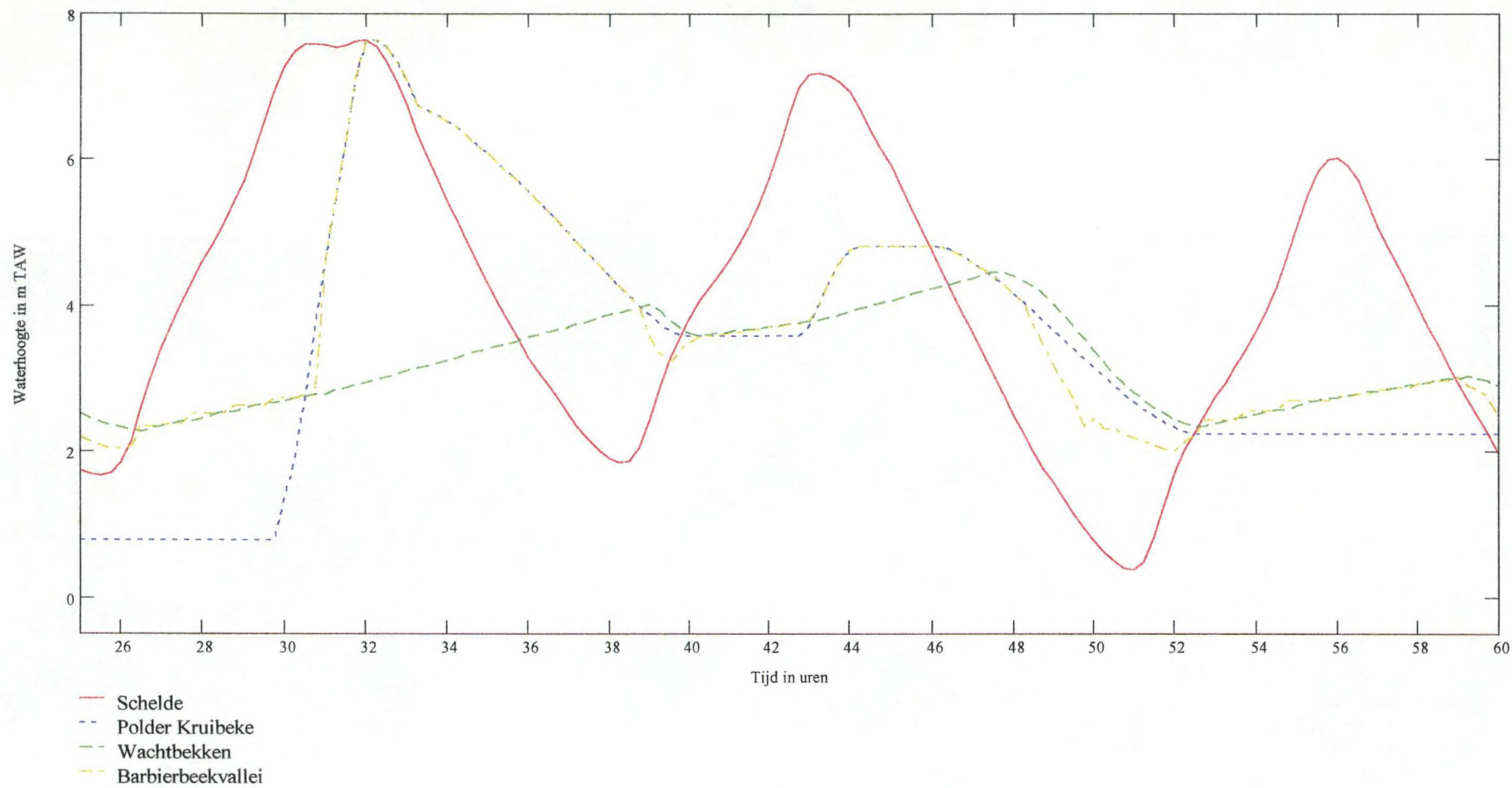
Figuur 24: Vallei-model, tot 4.00 m TAW

-  = ringdijk (8.35 m TAW)
-  = omtrek van wachtbekken
-  = grens van woonhuizen
-  = bakmodel voor wachtbekken
-  = nummer van bakmodel
-  = nieuwe bebouwing



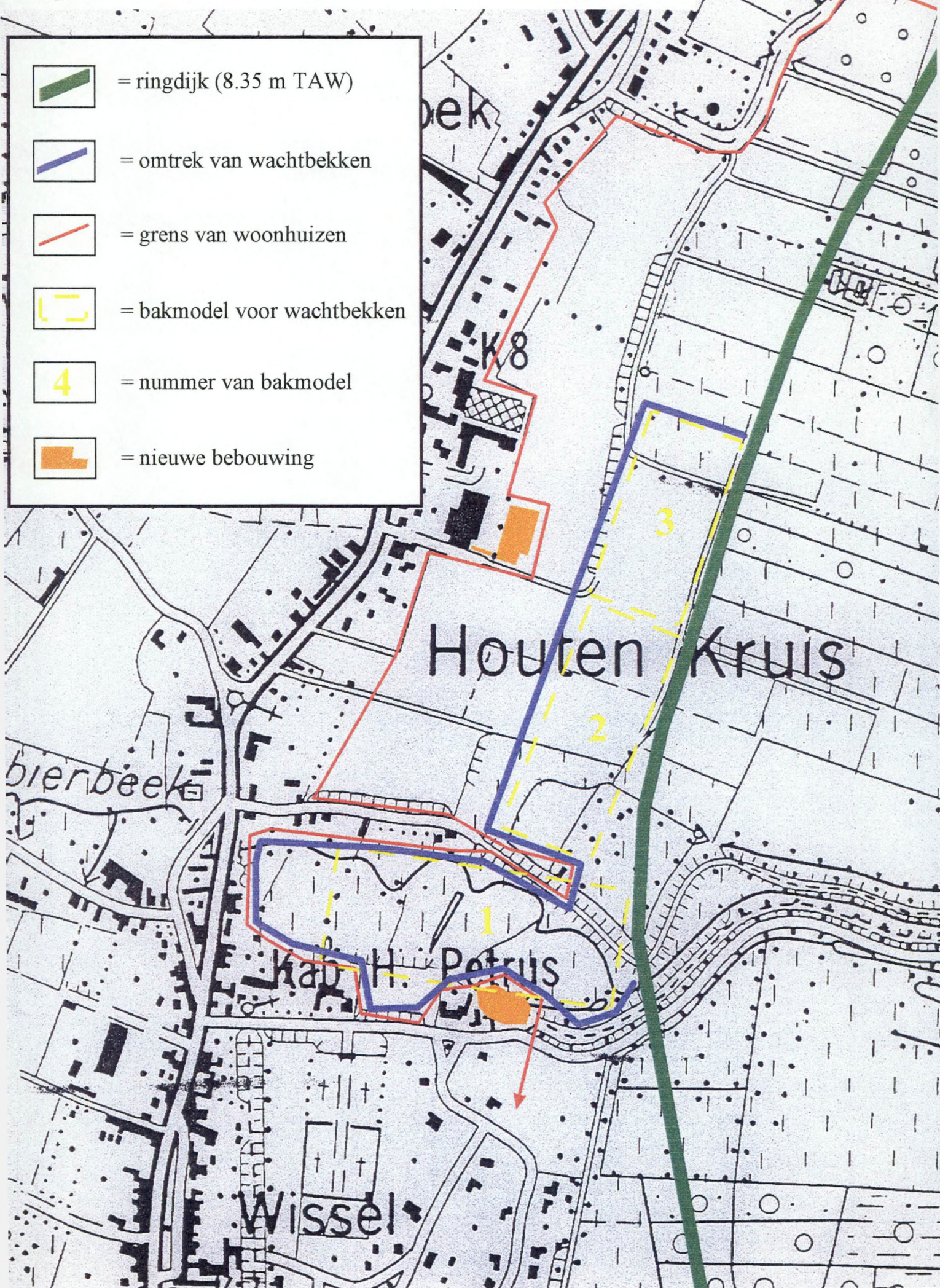


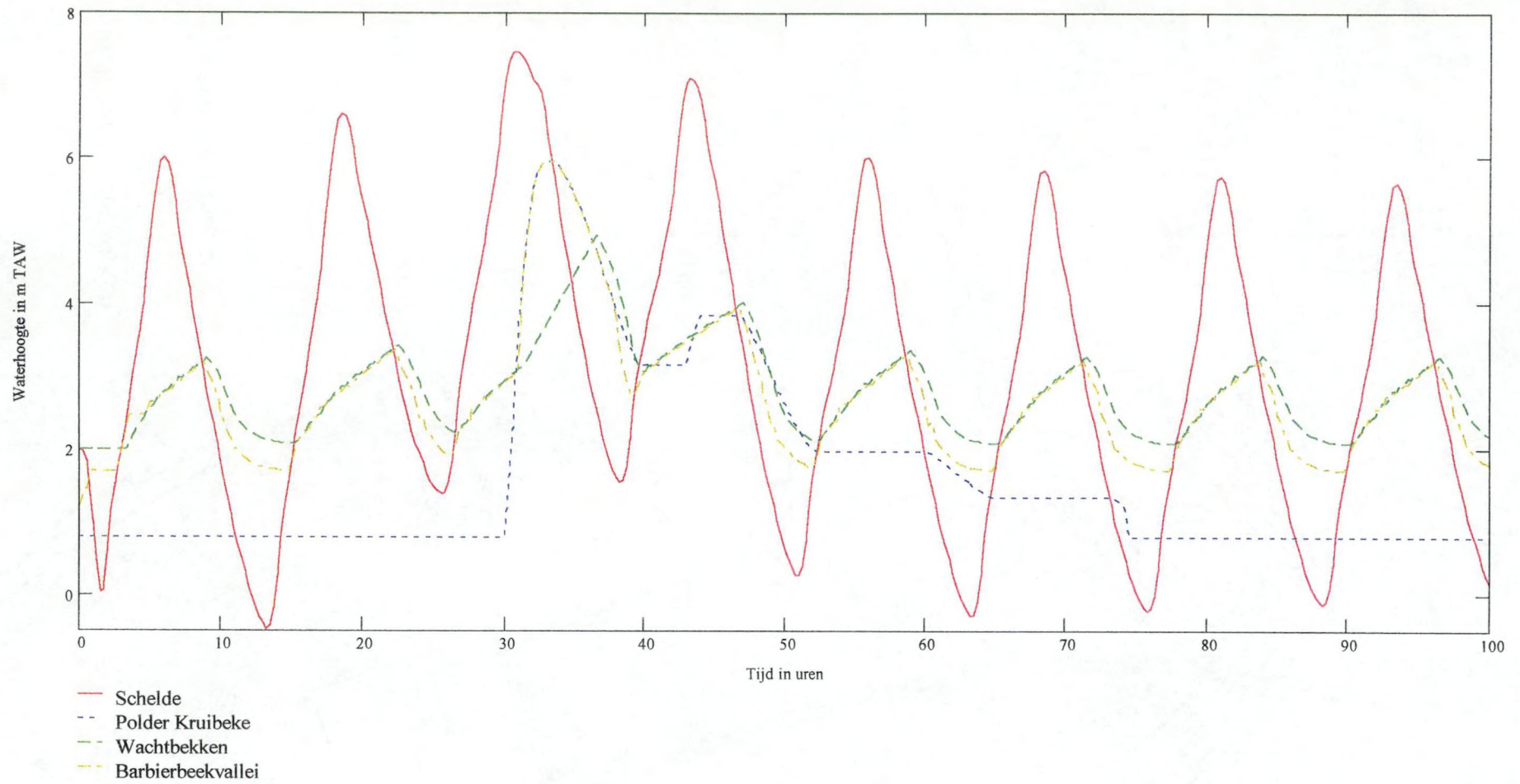
Figuur 25: Vallei-model, waterhoogte, tot 4,50 m TAW



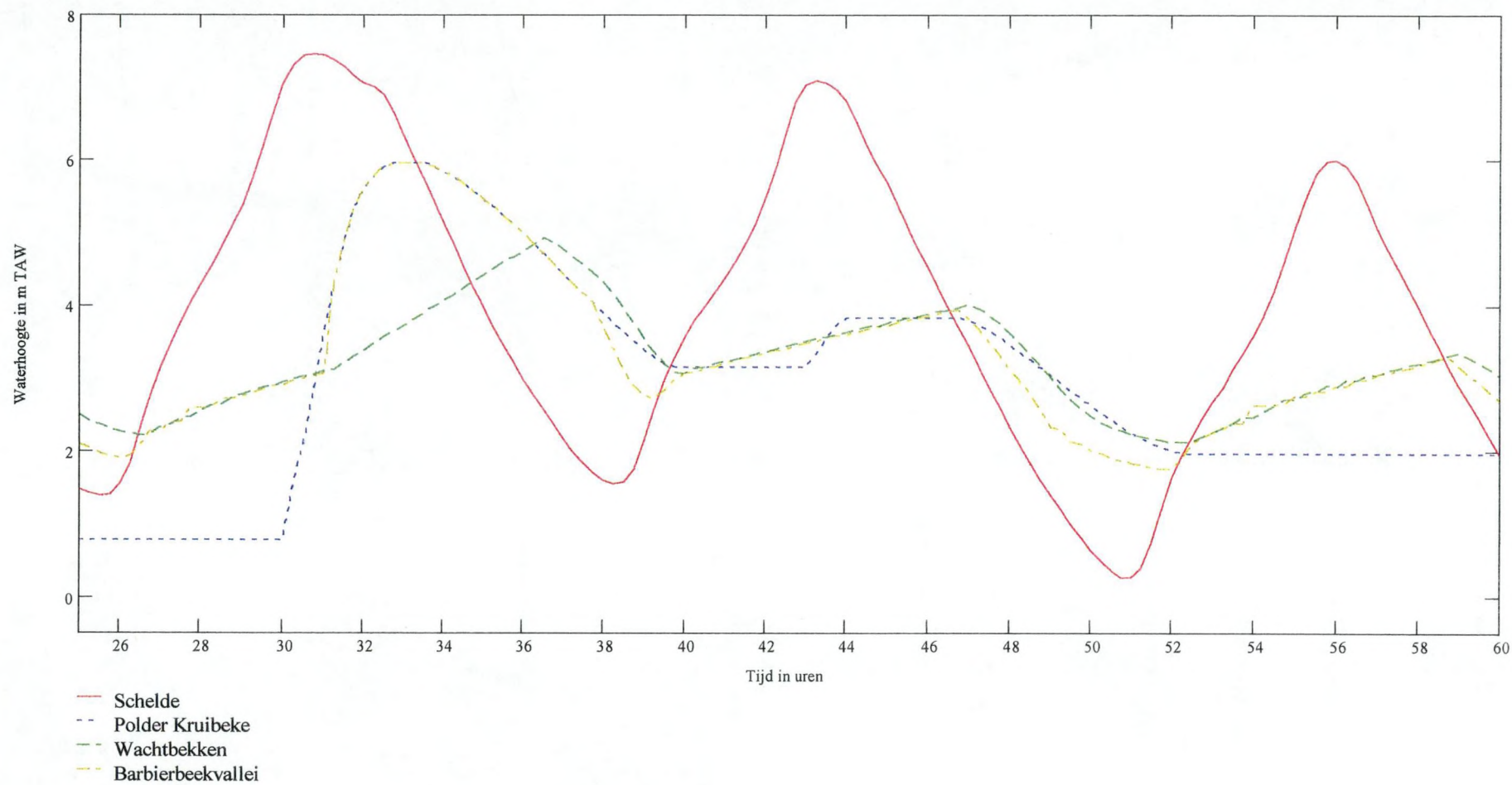
Figuur 26: Vallei-model, DETAIL waterhoogten, tot 4,50 m TAW

Figuur 27: Vallei-model, tot 4.50 m TAW



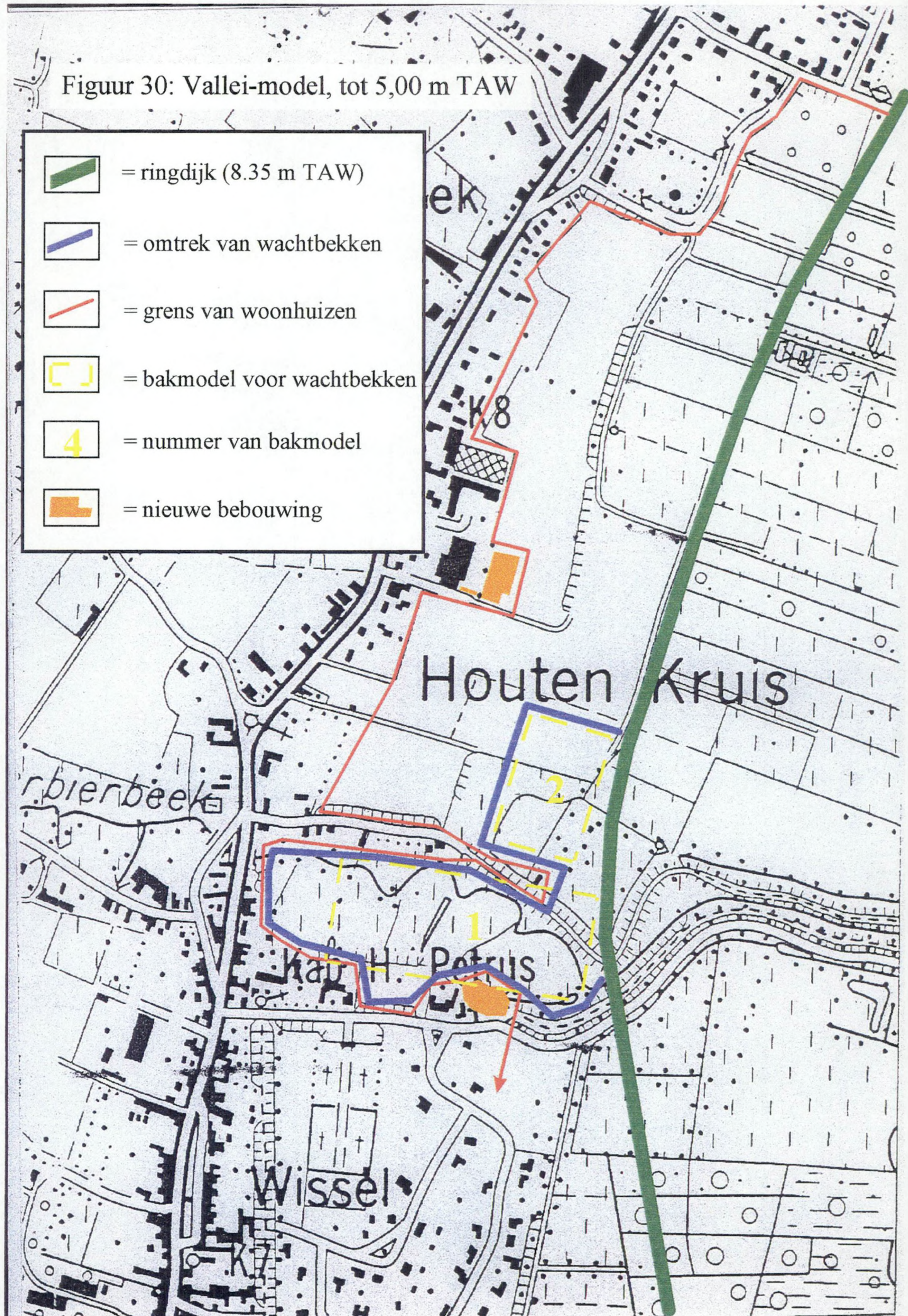
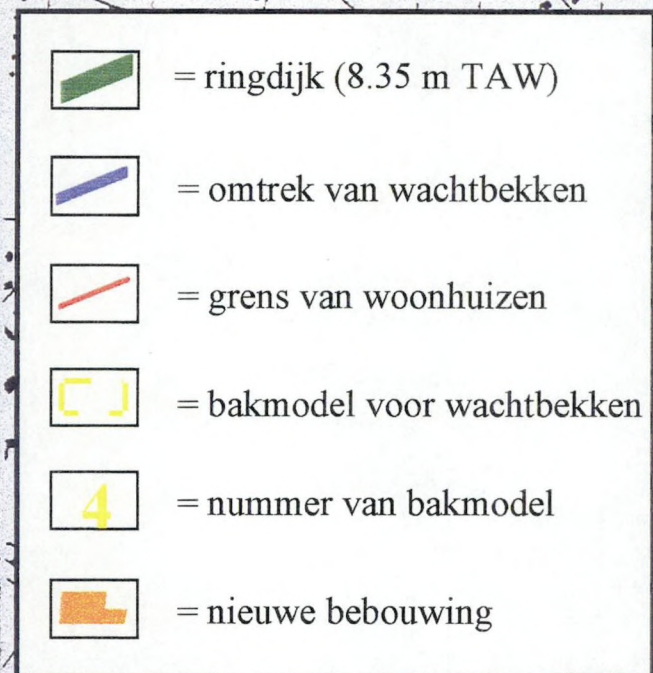


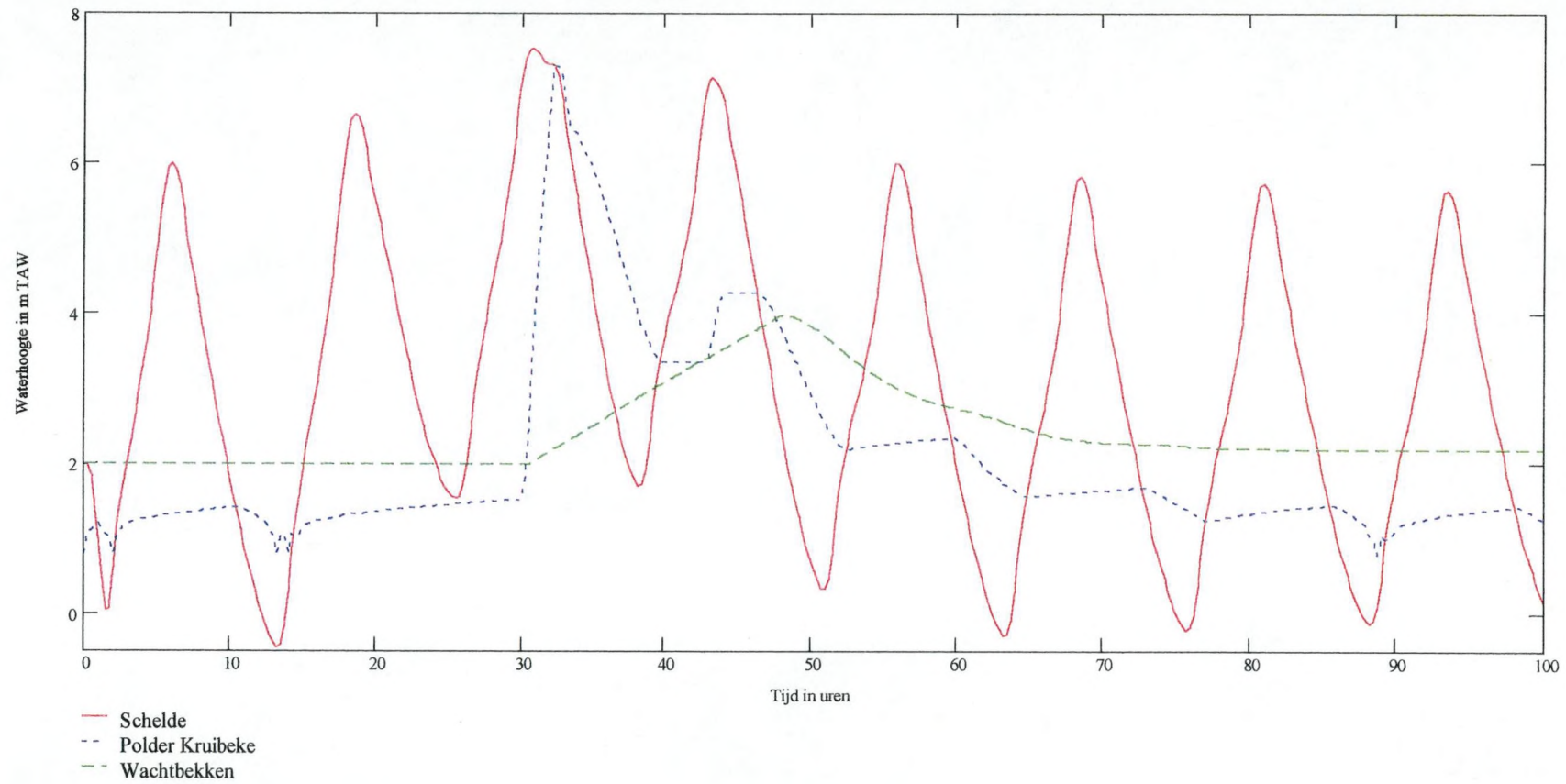
Figuur 28: Vallei-model, waterhoogten, tot 5,00 m TAW



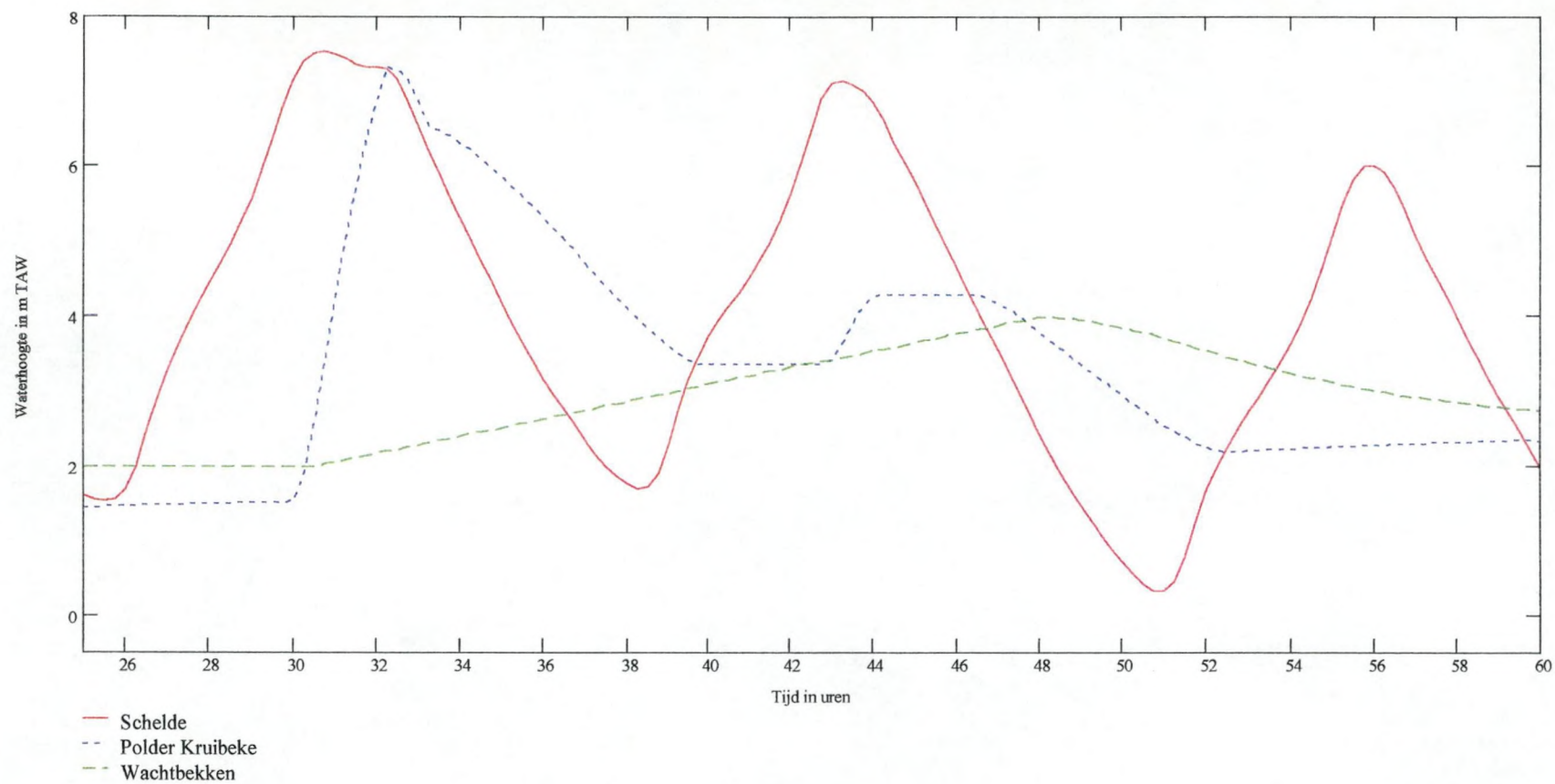
Figuur 29: Vallei-model, DETAIL waterhoogten, tot 5,00 m TAW

Figuur 30: Vallei-model, tot 5,00 m TAW



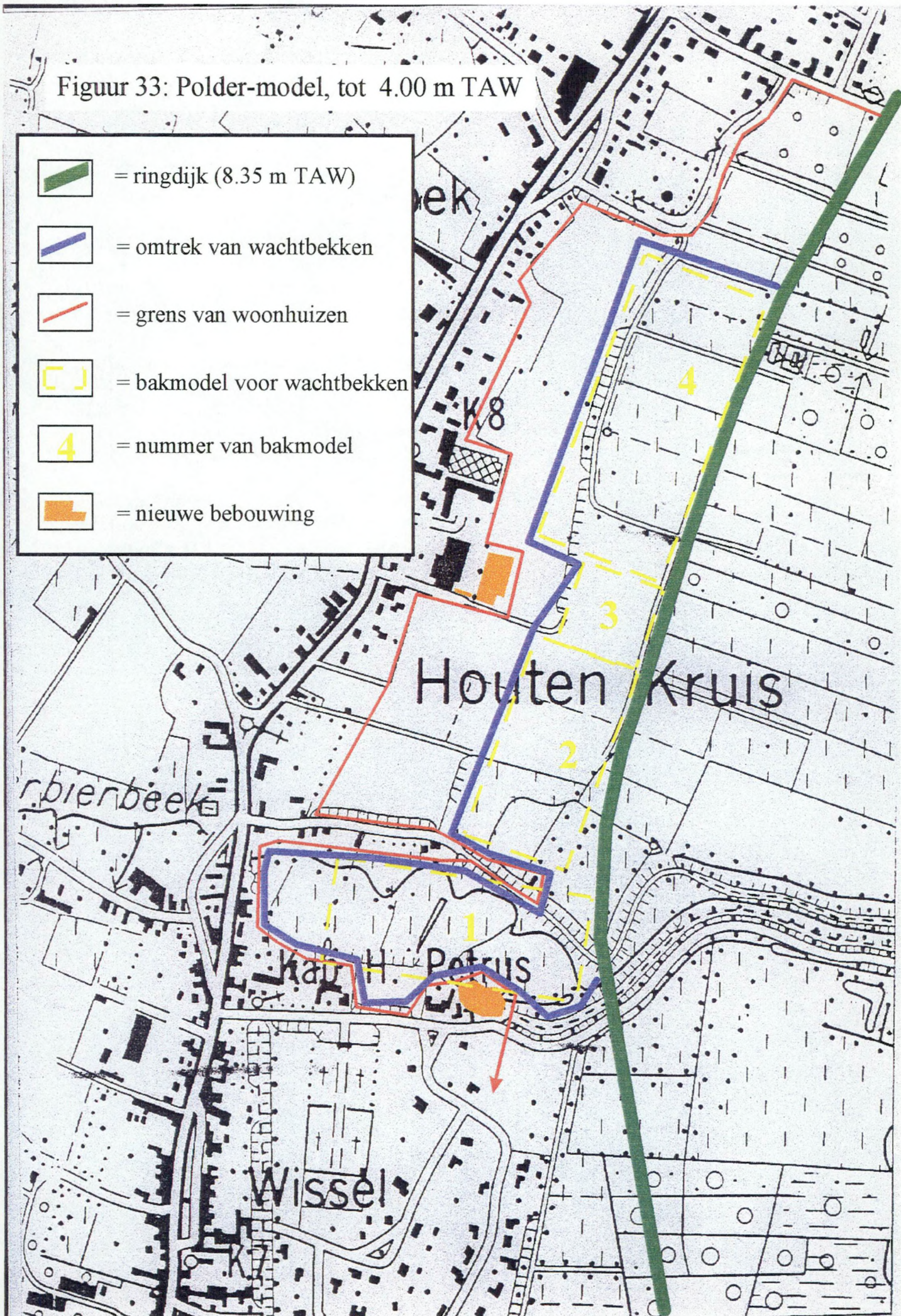


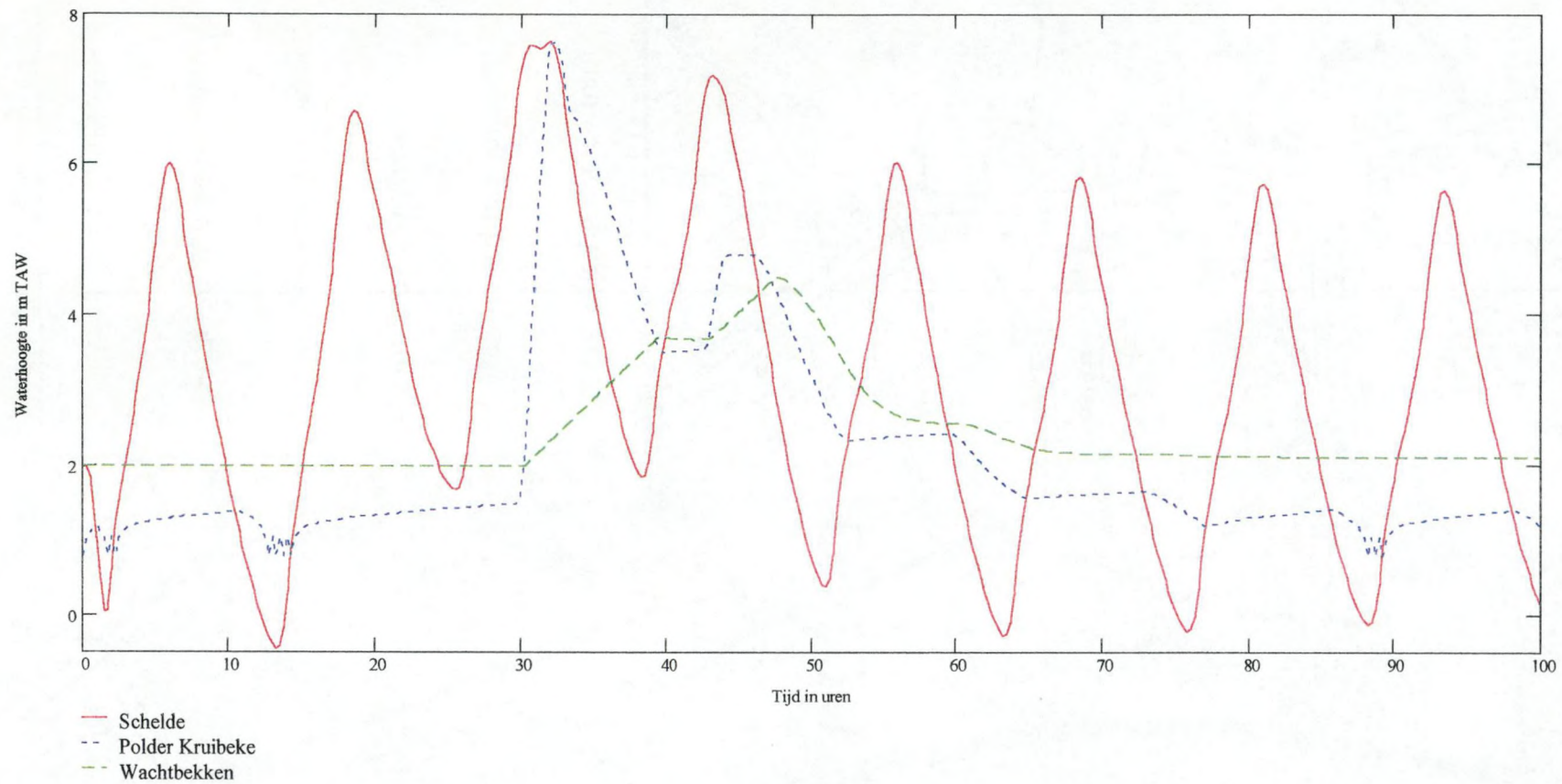
Figuur 31: Polder-model, waterhoogten, tot 4,00 m TAW



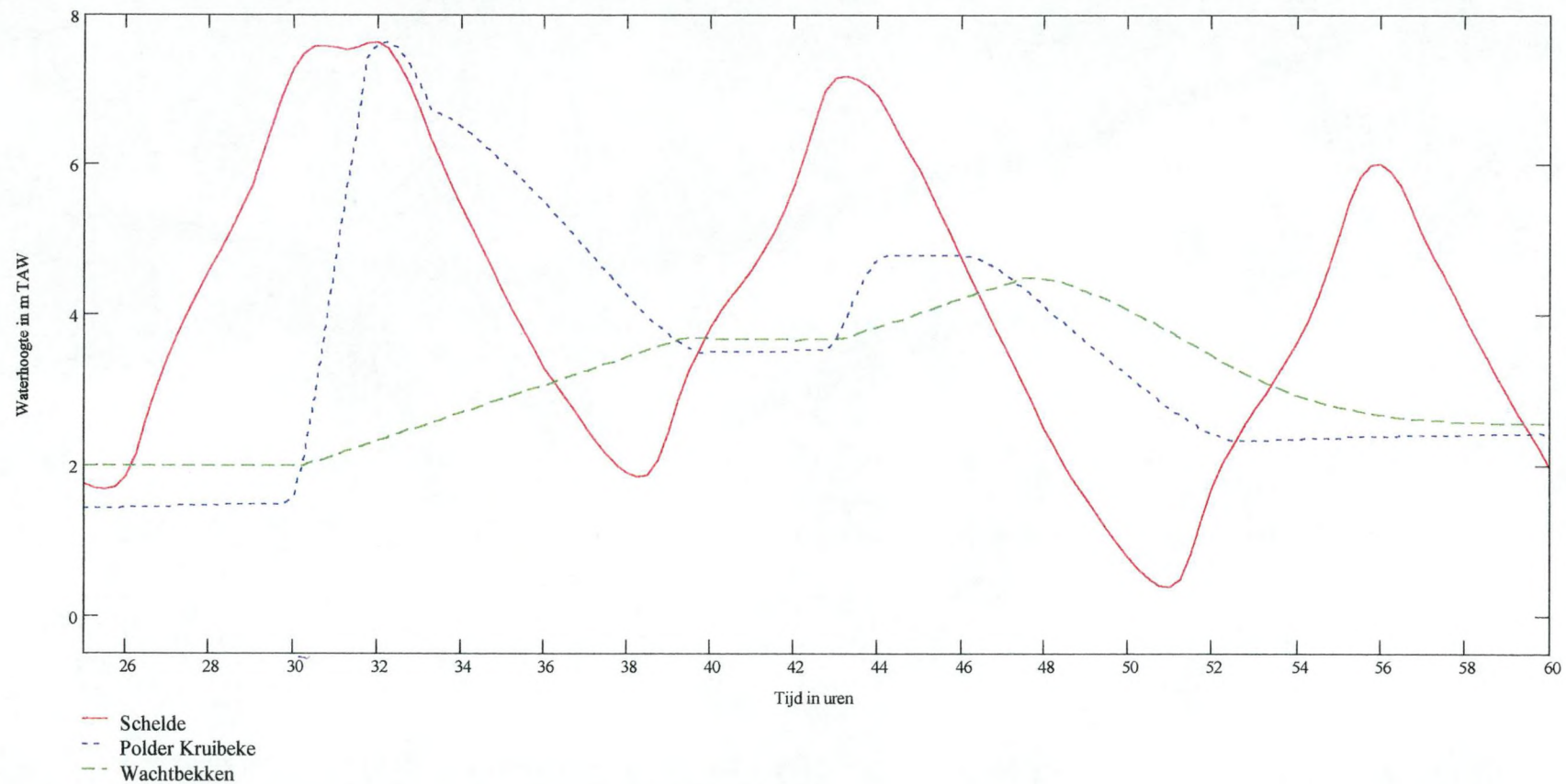
Figuur 32: Polder-model, DETAIL waterhoogten, tot 4,00 m TAW

Figuur 33: Polder-model, tot 4.00 m TAW



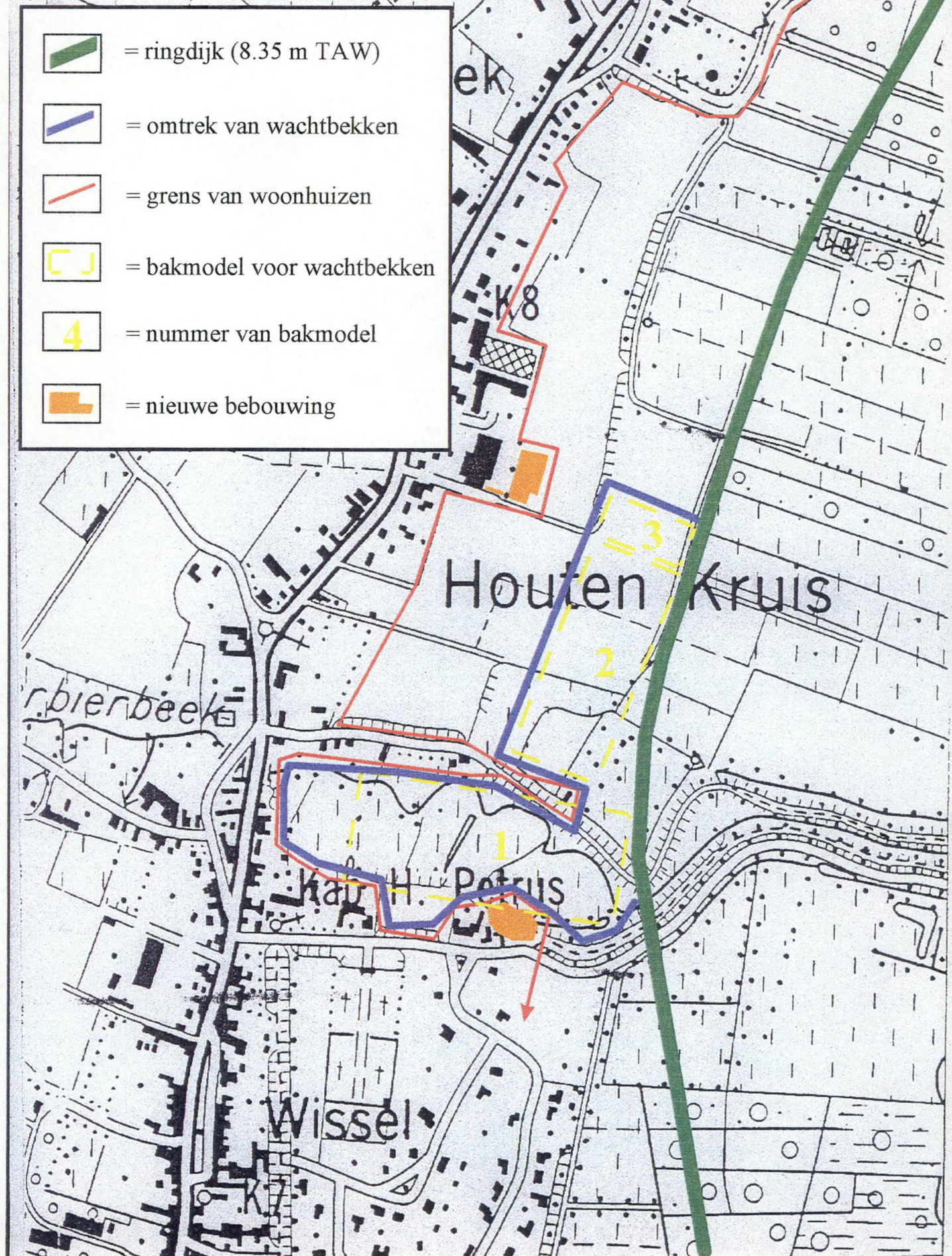


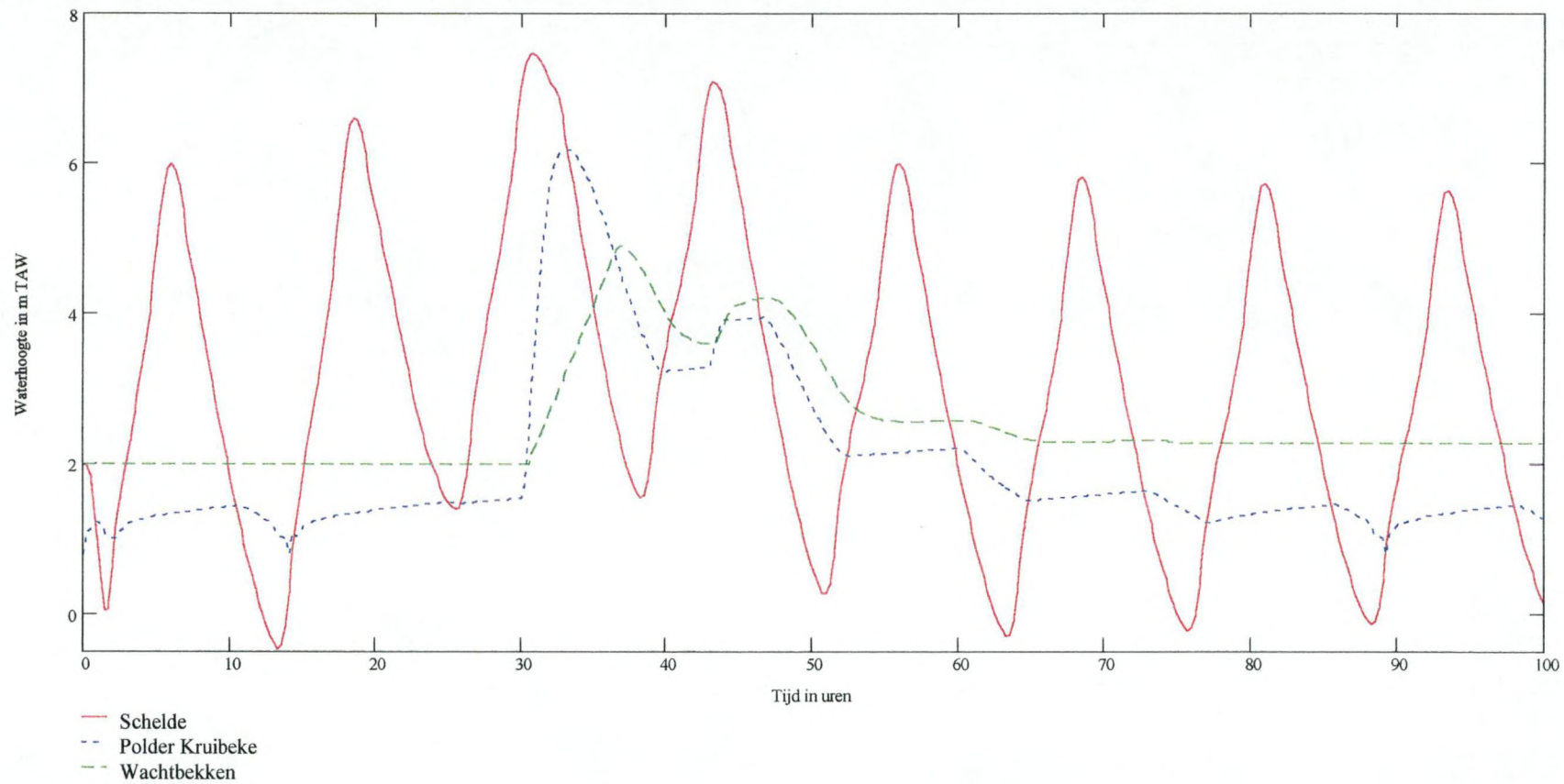
Figuur 34: Polder-model, waterhoogten, tot 4,50 m TAW



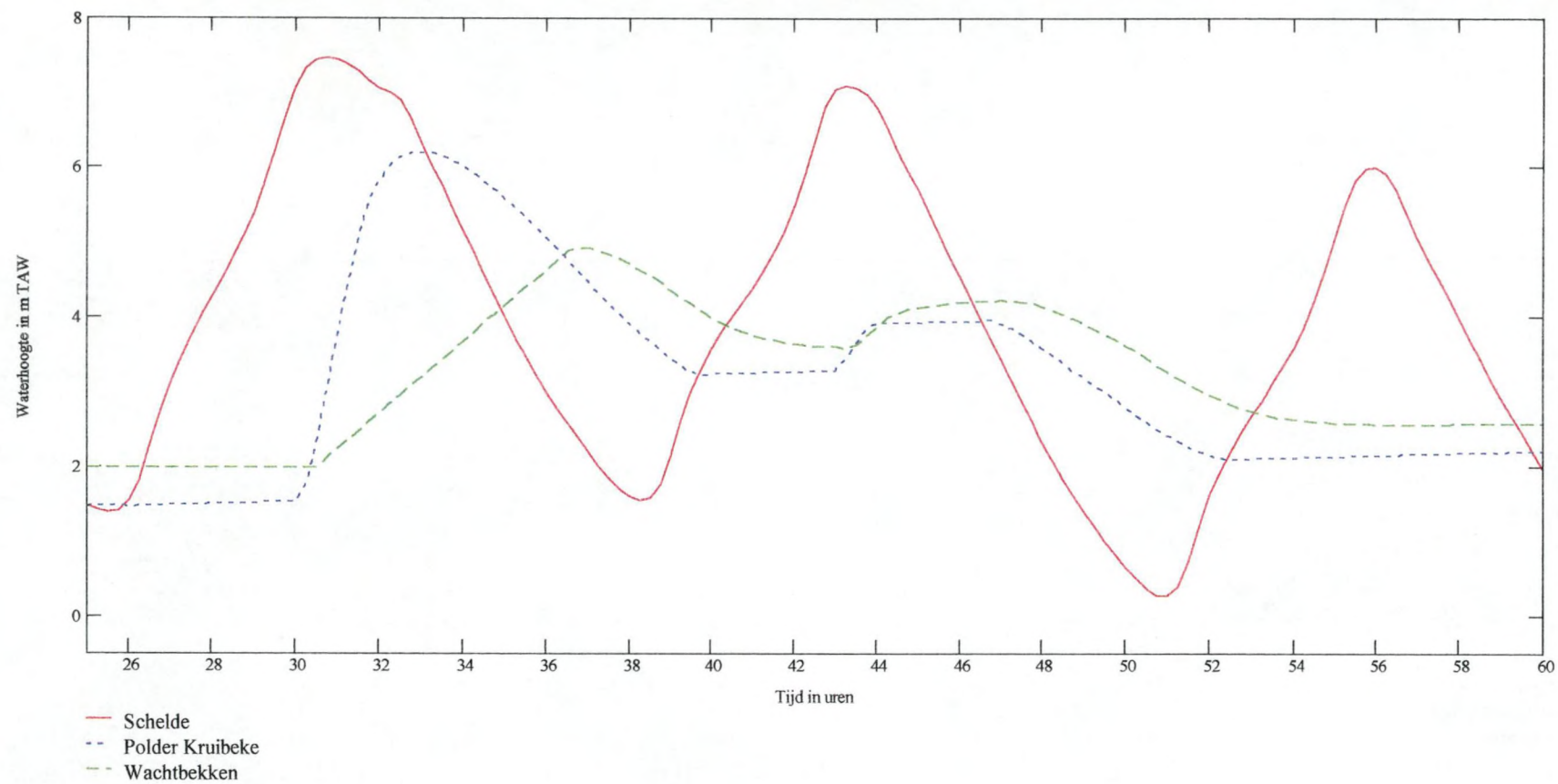
Figuur 35: Polder-model, DETAIL waterhoogten, tot 4,50 m TAW

Figuur 36: Polder-model, tot 4.50 m TAW



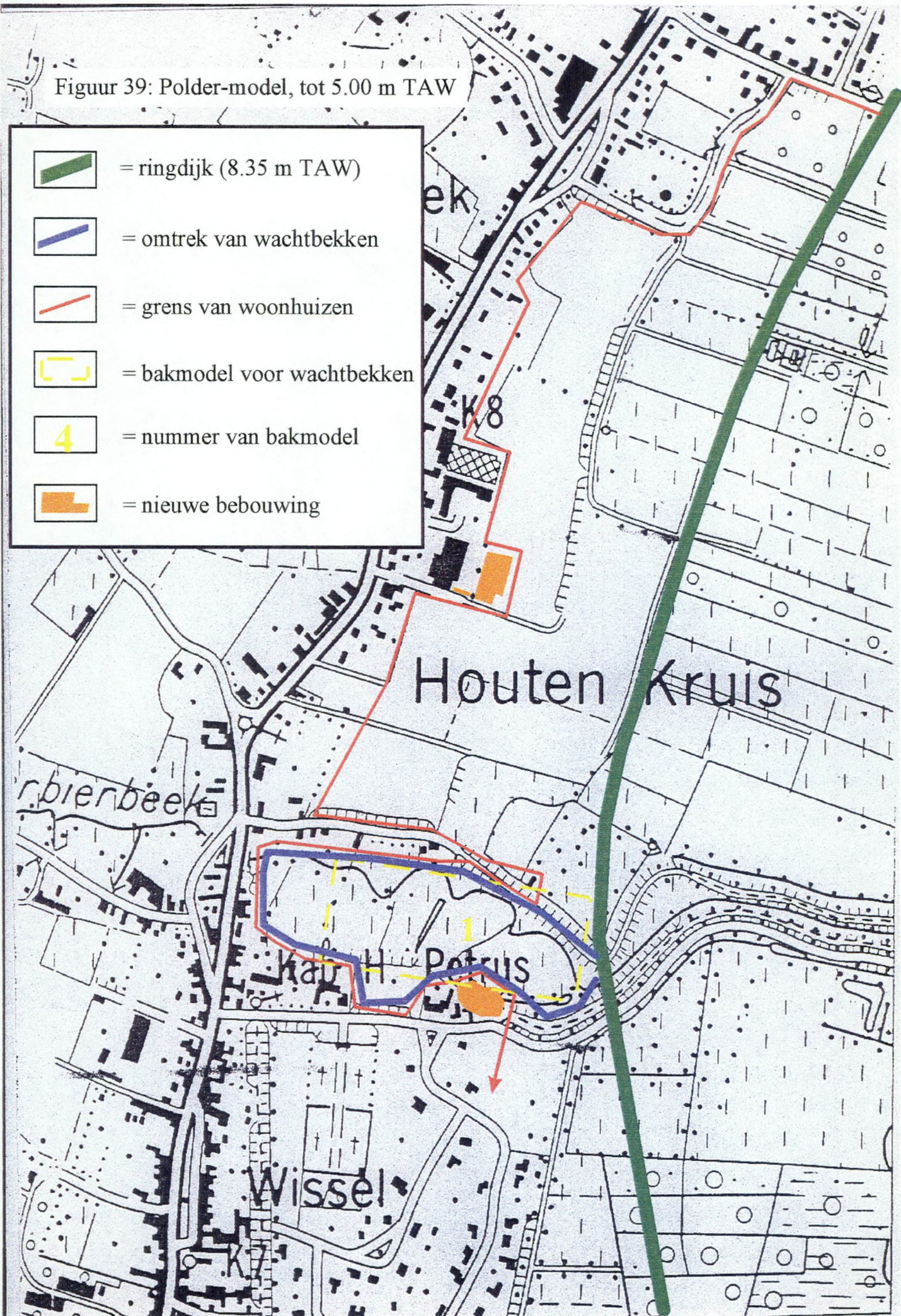
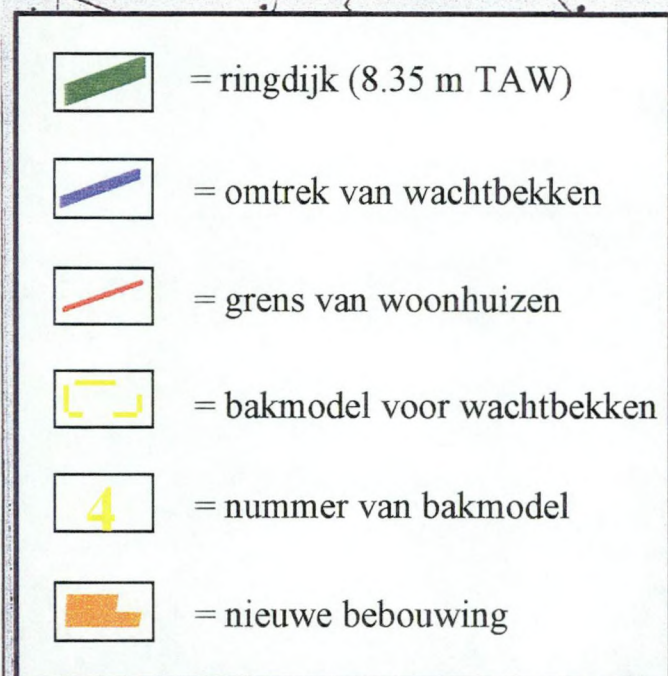


Figuur 37: Polder-model, waterhoogten, tot 5,00 m TAW

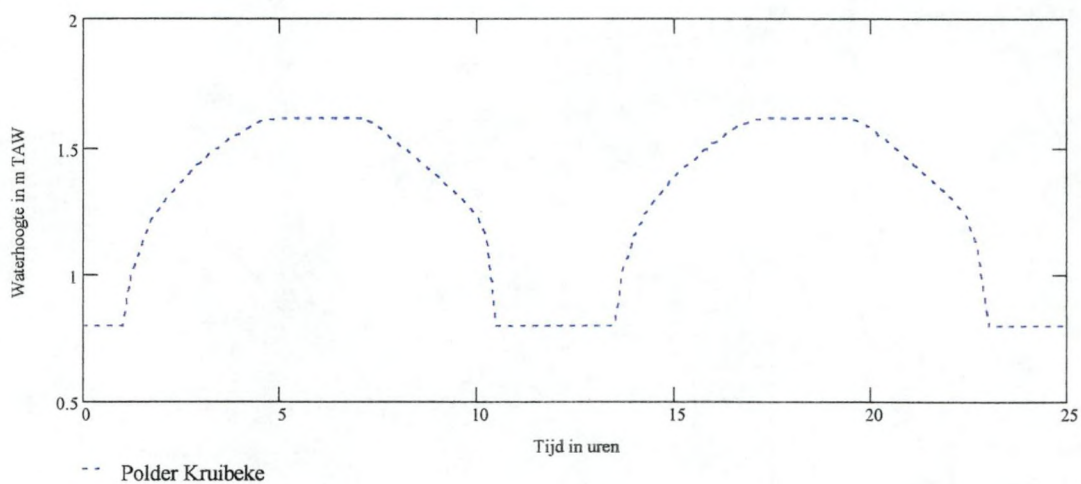
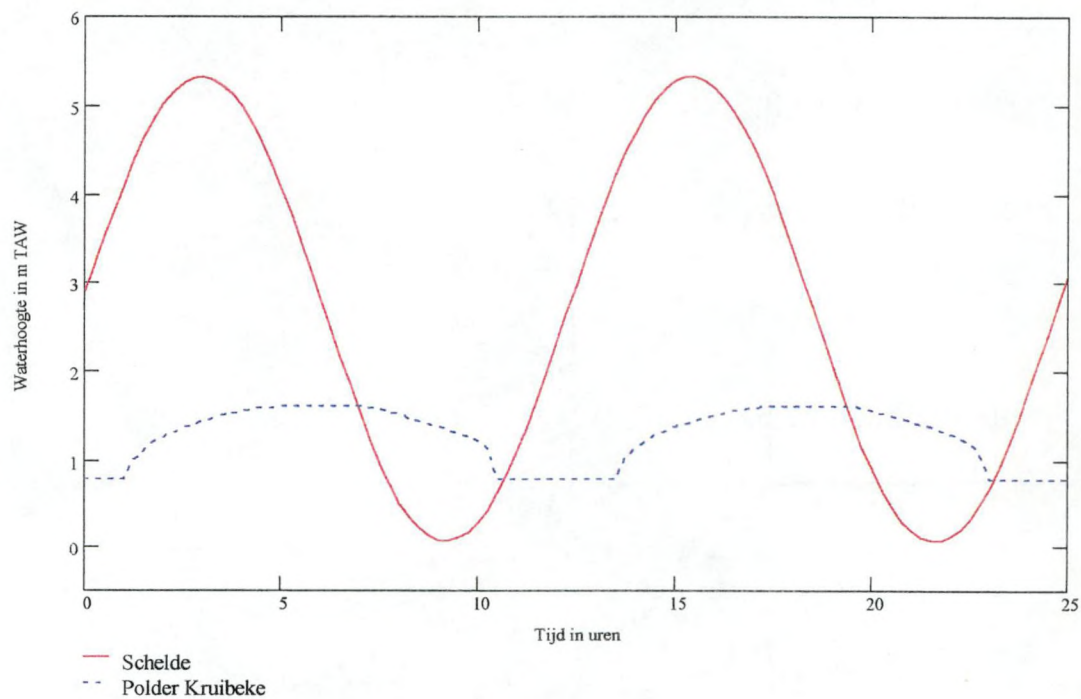


Figuur 38: Polder-model, DETAIL waterhoogten, tot 5,00 m TAW

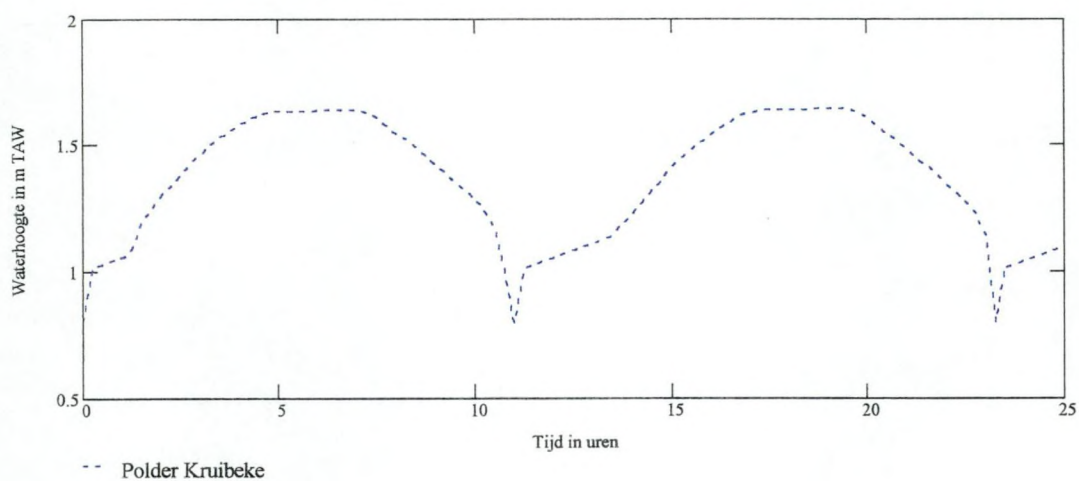
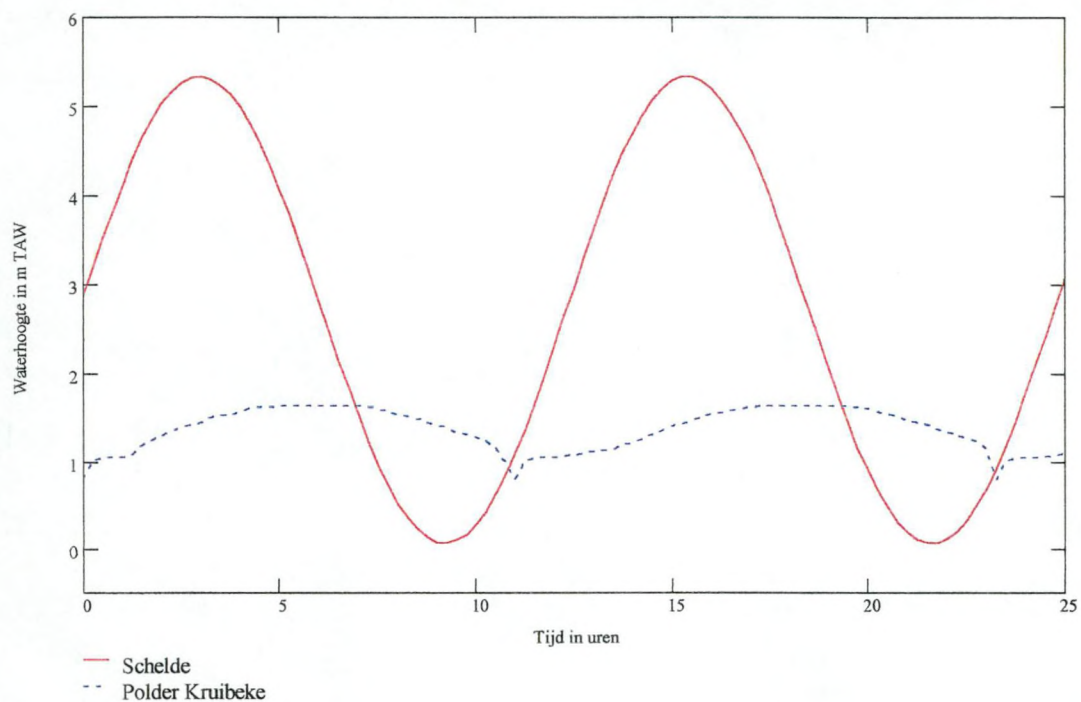
Figuur 39: Polder-model, tot 5.00 m TAW



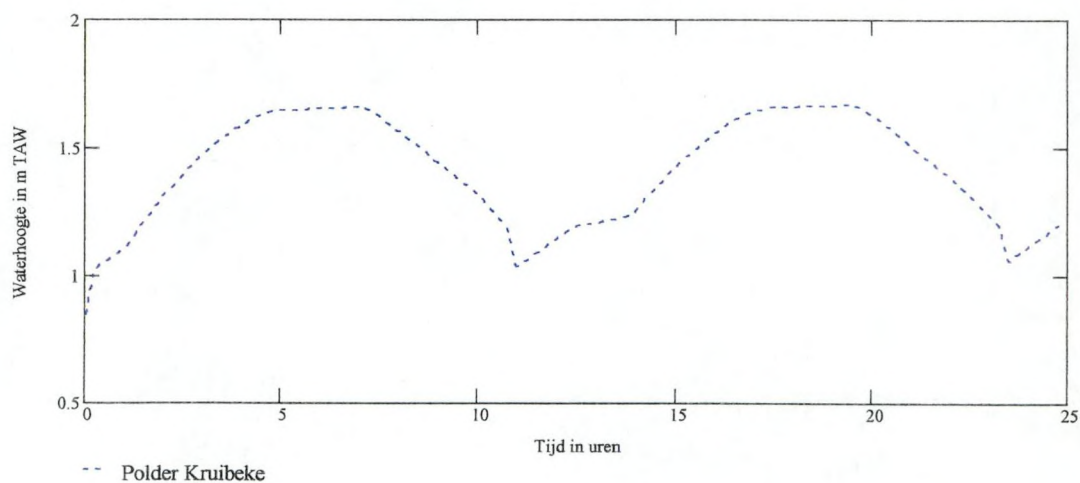
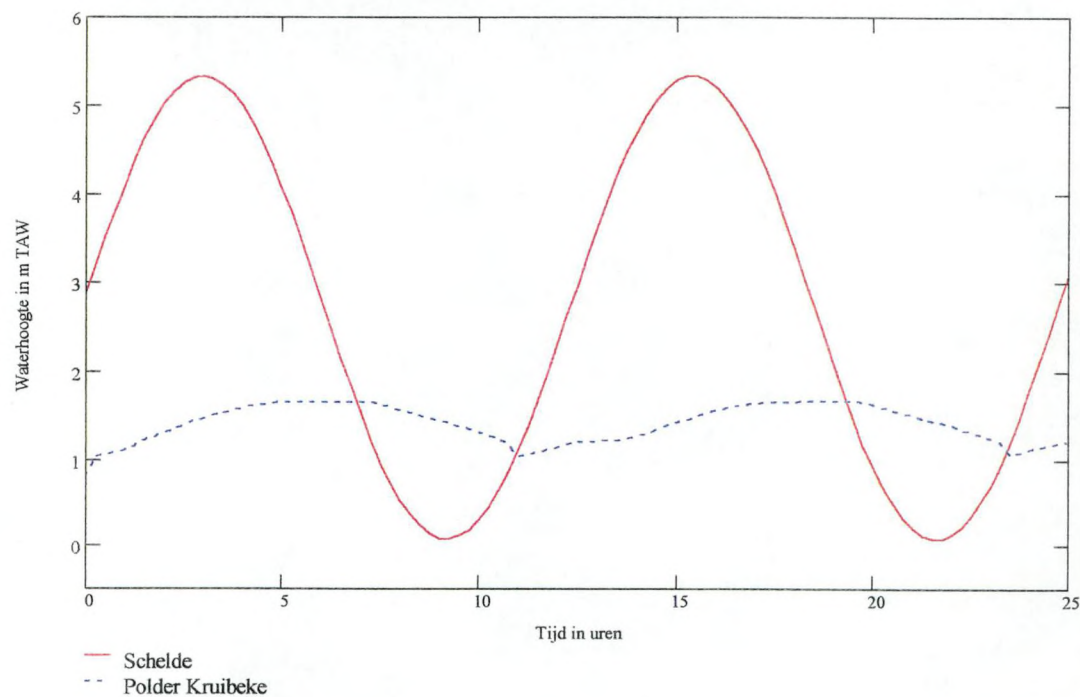
Figuur 40: Effect van de Barbierbeek, met een debiet van 0 m³/s, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij



Figuur 41: Effect van de Barbierbeek, met een debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij



Figuur 42: Effect van de Barbierbeek, met een debiet van 2 m³/s, op het Gecontroleerd Gereduceerd Getij



Figuur 44: Barbierbeekvallei op de Biologische WaarderingsKaart

polder van Kruibeke

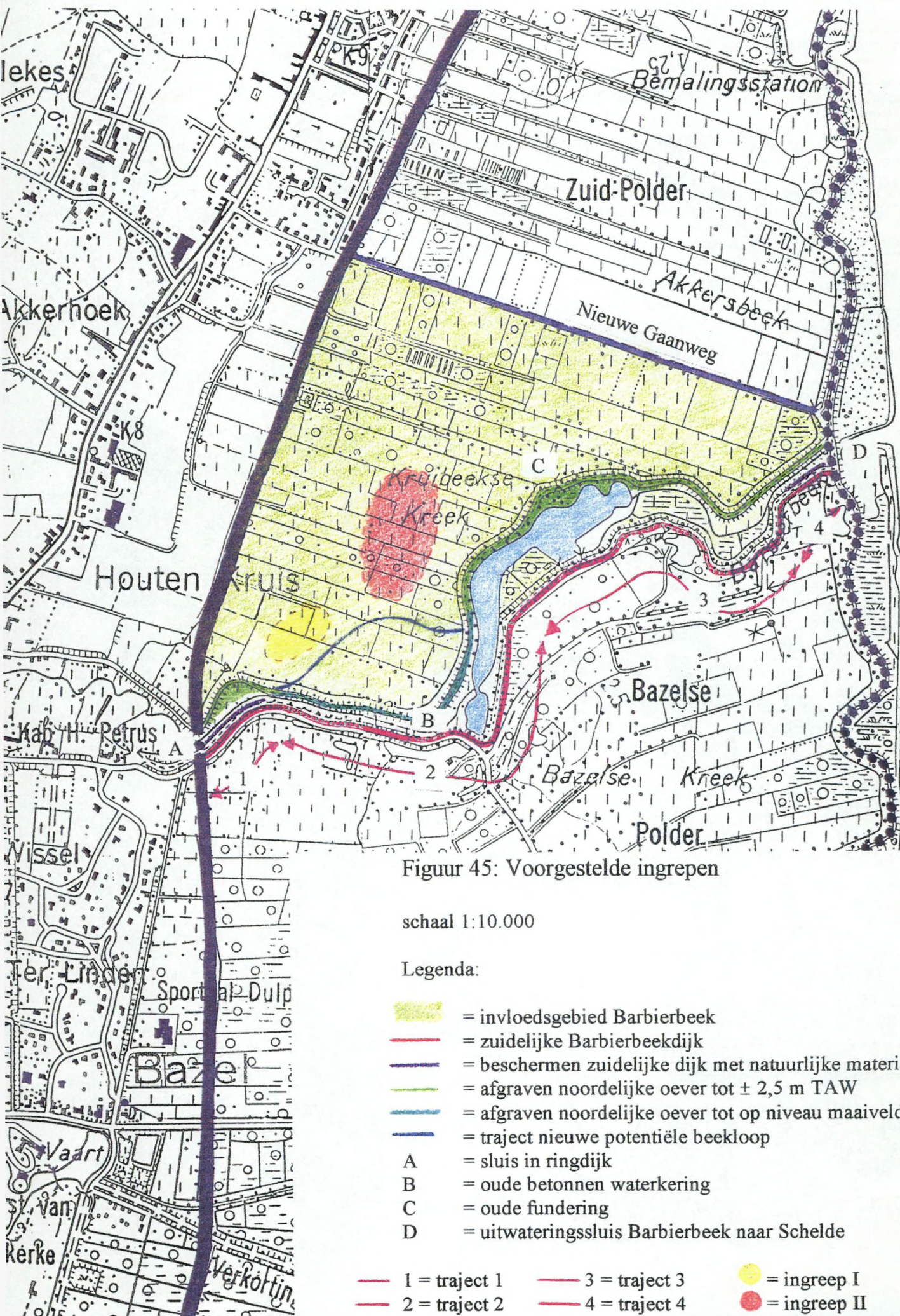
polder van Bazel

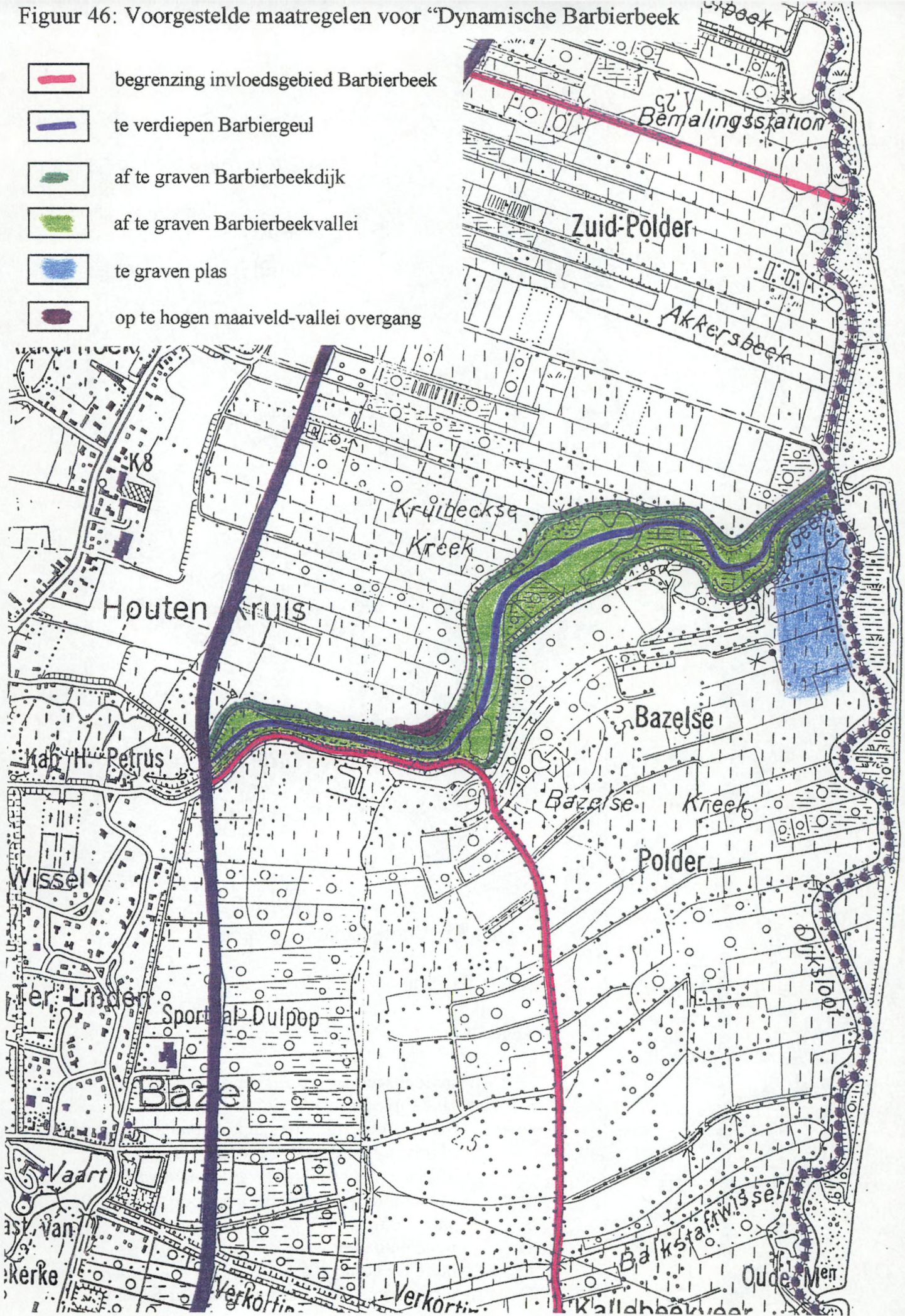
Schelde

Legend:

- = nitrofiel alluviaal elzenbos/populierenaanplant op vochtige plaatsen
- = mesofiel cultuurgrasland
- = eutrofe plas
- = bomenrij
- = mesofiel hooiland
- = scheiding ondiep-diepgedeelte van de kreek

Schelde





Bijlagen

1. Karakteristieken van de gecontroleerde overstromingsgebieden
2. Situering van de gecontroleerde overstromingsgebieden in het Scheldebekken
3. Resultaten van de hydrologische studie naar de overstromingsgebieden
4. Norm basiskwaliteit en gegeven waterkwaliteit
5. Lozingen Van Hoey
6. Vormen van kleinschalige biologische zuivering
7. Het Vallei-model in Mathcad
8. Het Polder-model in Mathcad
9. Verband tussen debiet en stormtij
10. Bepaling van het volume van het wachtbekken voor de woonkern van Bazel
11. Technische gegevens schroefcentrifugaalpomp
12. Technische gegevens schroefvijzelgemaal
13. Soortenlijst
14. Soortenlijst van mesofiel cultuurgrasland langs de noordelijke Barbierbeekdijk
15. Berekening van grondverzet van de ingrepen voor de variant "Ruimte voor meer natuurlijke Barbierbeek"
16. Karakteristieken van verschillende oeververdedigingsmaterialen
17. Dynamisch Barbierbeekmodel, in de wintersituatie
18. Lijst van afkortingen

Bijlage 1: Karakteristieken van de gecontroleerde overstromingsgebieden
(bron: Vanwijck, zonder jaar)

**GEGEVENS BETREFFENDE DE UITGEVOERDE
GECONTROLEERDE OVERSTROMINGSGEBIEDEN**

BENAMING	LIGGING	Kruin dijk (+ T.A.W.)	Lengte overlooppdijk (m)	Opp. gebied (ha)	Gemiddeld bodempcil (T.A.W.)
1 TIELRODEBROEK	ZS-LO Tielrode	6,80	950	93,00	2,60
2 GROTE WAL	ZS-LO Moerzeke	6,70	1.615	32,00	5,00
3 UITERDIJK	ZS-RO Vlassenbroek	6,70	1.050	10,50	4,70
4 SCHELDEBROEK	ZS-LO Berlare	6,40	850	31,00	4,20
5 PAARDENWEIDE	ZS-LO Berlare/Wichelen	6,40	2.793	84,00	4,00
6 BERGENMEERSEN	ZS-RO Wichelen	6,40	1.914	40,00	4,10
7 BOVENZANDEN	Rupel LO Heindonk	6,80	1.394	33,00	4,30
8 POLDER VAN LIER	Beneden Nete RO Lier	6,80	1.100	25,00	4,03
9 ANDERSTADT I	Beneden Nete LO Lier	6,80	608	9,84	3,89
10 ANDERSTADT II	Beneden Nete LO Lier	6,20	704	10,36	5,04
11 POTPOLDER I	Durme LO Waasmunster	6,80	2.200	81,00	5,13
12 POTPOLDER IV	Durme LO Waasmunster	6,50	2.200	82,00	4,70

BENAMING	Gemiddeld bodempcil (T.A.W.)	Bergings- capaciteit 1 (miljoen m³)	Bergings- capaciteit 2 (miljoen m³)	Debietscoëff. overlooppdijk Cov	Opp. sluis (m²)	Peil sluis (midden) (m)	Debietscoëfficiënt uitwateringsslujs
1 TIELRODEBROEK	2,60	4,06	5,22	0,8	36,00	2,30	0,5
2 GROTE WAL	5,00			0,8	2,00	3,50	0,5
3 UITERDIJK	4,70			0,8	3,00	3,50	0,5
4 SCHELDEBROEK	4,20	0,75	1,08	0,8	4,50	3,50	0,5
5 PAARDENWEIDE	4,00	1,51	2,45	0,8	6,75	3,75	0,5
6 BERGENMEERSEN	4,10	0,93	1,39	0,8	9,00	3,75	0,5
7 BOVENZANDEN	4,30	0,83	1,29	0,8	3,90	3,25	0,5
8 POLDER VAN LIER	4,03	0,71	1,07	0,8	3,90	3,25	0,5
9 ANDERSTADT I	3,89			0,8	0,60	3,60	0,5
10 ANDERSTADT II	5,04			0,8	2,20	3,80	0,5
11 POTPOLDER I	5,13	2,06	2,6	0,8	12,00	3,25	0,5
12 POTPOLDER IV	4,70			0,8	pomp		

Bemerkingen

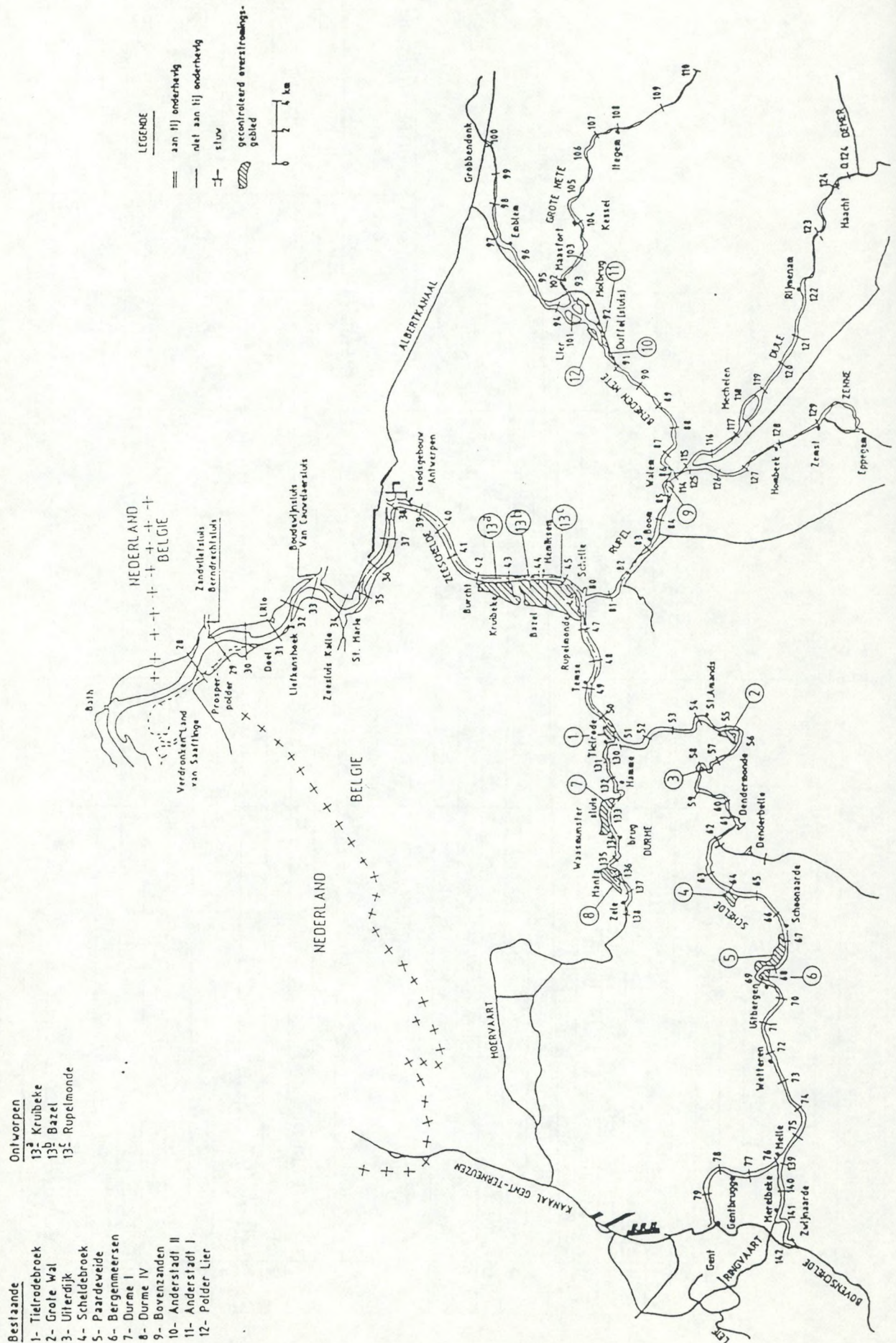
Bergingscapaciteit 1 : vulling van de polder tot het niveau van de overlooppdijk

Bergingscapaciteit 2 : vulling van de polder tot het niveau van de overlooppdijk

De gegeven oppervlakte geldt op het gemiddeld bodempcil

Bijlage 2: Situering van de gecontroleerde overstromingsgebieden in het Scheldebekken

(bron: Vanwijck, zonder jaar)



Bijlage 3: Resultaten van de hydrologische studie naar de Gecontroleerde OverstromingsGebieden

(bron: Vanwijck, zonder jaar)

De maximaal toelaatbare getijhoogte					
Hoogste H.W. te Antwerpen als een waakhoogte van 0,50 m onder de dijkruin gevrijwaard blijft					
Ligging van de dijken	Kruincota	Maximum toelaatbaar waterpeil	H.W. te Antwerpen bij overschrijding toelaatbaar peil van (m T.A.W.)		
			zonder G.O.G.	met 12 G.O.G	met K.B.R.(+6,80)
Afwaarts Antwerpen	>9	9,00			
Antwerpen - Hemiksem	8,35	7,85	7,75	7,85	8,13
Hemiksen - Schoonaarde	8,00	7,50	7,28	7,45	7,95
Opwaarts Schoonaarde	7,50	7,00	7,10	8,03	8,05
Rupel, Nete tot Lier	8,00	7,50	7,23	7,43	7,87
Dijle tot Mechelen	8,00	7,50	7,23	7,35	7,85
Durme	8,00	7,50	7,15	7,61	7,97
Laagste H.W. Antwerpen voor het bekken			7,10	7,35	7,85
Waarschijnlijkheid van voorkomen (aantal/jaar)			0,28	0,10	0,013
Terugkeerperiode :			3,6 jaar	10 jaar	78 jaar
Besluiten:					
In de huidige situatie is het ganse Zeescheldebekken beveiligd tegen een storm van (+7,35) T.A.W. te Antwerpen. (met een waakhoogte van 0,50 m).					
Door de aanleg van K.B.R. zal het ganse Zeescheldebekken beveiligd zijn tegen een storm van (+7,85) T.A.W. te Antwerpen. (met een waakhoogte van 0,50 m)					
Een golf hoger dan (+7,85) T.A.W. zal problemen geven op de Dijle te Mechelen.					

De maximaal toelaatbare getijhoogte					
Hoogste H.W. te Antwerpen waarbij het water ten hoogste gelijk staat met de kruin van de dijk					
Ligging van de dijken	Kruincota	Maximum waterpeil	H.W. te Antwerpen bij overschrijding toelaatbaar peil van (m T.A.W.)		
			zonder G.O.G.	met 12 G.O.G	met K.B.R.(+6,80)
Afwaarts Antwerpen	>9	9,00			
Antwerpen - Hemiksem	8,35	8,35	8,22	8,40	8,50
Hemiksen - Schoonaarde	8,00	8,00	7,75	8,03	8,25
Opwaarts Schoonaarde	7,50	7,50	7,58	8,41	8,42
Rupel, Nete tot Lier	8,00	8,00	7,70	8,07	8,25
Dijle tot Mechelen	8,00	8,00	7,72	8,04	8,25
Durme	8,00	8,00	7,70	8,05	8,27
Laagste H.W. Antwerpen voor het bekken			7,58	8,03	8,25
Waarschijnlijkheid van voorkomen (aantal/jaar)			0,04	0,008	0,0025
Terugkeerperiode :			25 jaar	125 jaar	400 jaar
Besluiten:					
Door de aanleg van K.B.R. met 3 compartimenten en een overloopdijk op (+6,80) T.A.W. (basisontwerp) kan het stormtij te Antwerpen (+8,25) T.A.W. bereiken alvorens er overstromingen zullen optreden in het Zeescheldebekken.					

Bijlage 4: Norm basiskwaliteit en gegevens waterkwaliteit

Norm voor basiskwaliteit

De basiskwaliteitsnorm die op basis van de VLAREM II-wetgeving gesteld wordt aan oppervlakte water luidt als volgt:

parameter		norm voor basiskwaliteit
temperatuur	temp (°C)	< 25,0
zuurtegraad	pH	6,5 - 8,5
zuurstof	O ₂ (mg/l)	> 5,0
zuurstof verzadiging	O ₂ %	> 50,0
chemisch zuurstof verbruik	COD (mgO ₂ /l)	< 30,0
ammonium	NH ₄ ⁺ (mgN/l)	< 5,0
nitraat	NO ₃ ⁻ (mgN/l)	-
nitriet	NO ₂ ⁻ (mgN/l)	-
nitraat + nitriet	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mgN/l)	< 10,0
fosfaat	P (mgP/l)	< 1,0

Waterkwaliteitsgegevens Barbierbeek

Juist voordat de Barbierbeek het geplande GOG-KBR binnenstroomt en in de Kruibeekse kreek zijn er twee monsterpunten waarvan het water over een langer periode is geanalyseerd. Dit zijn:

- monsterpunt 1:
locatie: Barbierbeek ter hoogte van Barbierstraat (is ter hoogte van de geplande ringdijk)
bemonsterd door: Milieudienst gemeente beveren
aantal genomen monsters: 4
monsterperiode: 10 juni tot 1996 en met 6 november 1996
- monsterpunt 2:
locatie: Barbierbeek, in de Kruibeekse kreek
bemonsterd door: Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM)
aantal genomen monsters: 12
monsterperiode: 27 januari 1995 tot en met 5 december 1995

De resultaten van de analyses van deze punten luiden als volgt:

monsterpunt 1 (bron: milieudienst Beveren)

	minimum waarde	maximum waarde	percentage boven norm	gemiddelde waarde
temp (°C)	9,9	20,7	0	14,8
pH	7,2	7,8	0	7,6
O ₂ (mg/l)	0,0	6,1	75	2,9
O ₂ %	53,0	70,0	-	32,3
COD (mgO ₂ /l)	4,8	102,0	100	70,5
NH ₄ ⁺ (mgN/l)	1,3	18,5	75	11,1
NO ₃ ⁻ (mgN/l)	0,0	5,8	-	2,9
NO ₂ ⁻ (mgN/l)	1,3	2,5	-	0,7
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mgN/l)	1,0	8,2	0	3,6
P (mgP/l)		3,5	100	2,0

monsterpunt 2 (bron: VMM)

	minimum waarde	maximum waarde	percentage boven norm	gemiddelde waarde
temp (°C)	1,1	23,0	0	10,8
pH	7,2	8,0	0	7,7
O ₂ (mg/l)	0,2	9,5	45,5	4,0
O ₂ %	1,0	75	-	32,3
COD (mgO ₂ /l)	32,0	31,0	100	122,0
NH ₄ ⁺ (mgN/l)	0,6	45,5	45,5	13,3
NO ₃ ⁻ (mgN/l)	0,1	8,4	-	2,6
NO ₂ ⁻ (mgN/l)	0,0	0,5	-	0,0
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (mgN/l)	0,1	8,6	0	2,7
P (mgP/l)	0,2	7,0	45,5	2,2

Bijlage 5: Lozingen Van Hoey

Overzicht van de lozingen van kippslachterij Van Hoey, de genoemde waarden zijn gemiddelde dagvrachten in 1995 (bron VMM)

Q (m ³)	COD (kg)	BOD (kg)	SS (kg)	N _{tot.} (kg)	P _{tot.} (kg)	Ag (g)	As (g)	Cd (g)	Cr (g)	Cu (g)	Hg (g)	Ni (g)	Pb (g)	Zn (g)
329	227	134	14	37	1	21	0	0,1	18	19	0,0	3	0	45

Bijlage 6: Vormen van kleinschalige biologische zuivering

In deze bijlage staan systemen voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater opgesomd, die mogelijk toegepast kunnen worden bij de behandeling van het afvalwater van de huishoudens in het stroomgebied van de Barbierbeek die niet zijn/worden aangesloten op het rioleringsstelsel. Dit overzicht is niet compleet omdat systemen die in deze situatie als weinig kansvol moeten worden beschouwd niet zijn opgenomen. Daarnaast is het niet uitgesloten dat er inmiddels andere systemen zijn ontwikkeld, waarvan nog geen melding is gemaakt in de gebruikte literatuur. In het overzicht worden alleen de algemene principes en de voor- en nadelen van de beschouwde systemen vermeldt, technische, systeemspecifieke informatie staat niet vermeldt. Het overzicht is gemaakt op basis van de volgende literatuur: [J. Lenssens, 1985], [Deventer Van, 1994], [Horan, 1990] en [Ridder De, 1996]

Septic- en emschertanks

principe

De werking van septic en emschertanks berust op drie processen: sedimentatie van bezinkbaar materiaal, afscheiding van olie en vet (die samen met opdrijvend slib een harde drijflaag vormen) en gedeeltelijke anaërobe afbraak. Septictanks zijn tanks met een of meer tussenschotten, ingezet bij de voorzuivering in de individuele waterzuivering en kleine RWZI's (tot 200-500 i.e.). De nuttige inhoud kan afhangen van het feit of er wordt voorzien in een bodeminfiltratiesysteem ofwel een oxydatief biologische zuivering (biofilter, bioschijven). Regenwater en wasserijwater mogen er niet in geloosd worden. Dit geldt niet voor emschertanks waar de processen van bezinking en slibgisting zich ruimtelijk gescheiden, op twee niveaus afspelen.

voordelen

septic-tank:

- Lage investeringskosten
- lage exploitatiekosten:
 - geen bewegende onderdelen
 - zeer laag energieverbruik
 - lage slibproductie
- Bestand tegen stootbelastingen (de hydraulische verblijftijd kan oplopen tot 10 dagen)
- Oliën en detergenten hebben in normale concentraties geen negatieve invloed op de werking

emschertank:

- Zie septic-tank
- Door hun uitvoering garanderen ze een minder wisselvallig en hoger rendement dan septic-tanks. Dit zal vooral tot uiting komen in het zwevend stofgehalte (reductie: 50-70%)

nadelen

- Het zuiveringsrendement van septic-tanks is matig en zeer wisselvallig. Mogelijke reducties:
 - BOD: 30-50%
 - zwevende stof: 20-70%
 - N: 20%
 - P: 30%
 - pathogene kiemen: 0%

stootsgewijs zullen er rottende stoffen in hoge concentraties geloosd worden

Ook bij emschertanks blijft de mogelijkheid bestaan dat rottend slib in het effluent terechtkomt (b.v. bij een te groot temperatuurverschil tussen het influent en de tankinhoud). Het anaëroob effluent is ongeschikt voor lozingen in oppervlaktewater.

- Allerlei in het huishouden gebruikte produkten (schoonmaak middelen, wc-spoelmiddelen) werken op funeste wijze in op het zuiveringsproces
- Geurhinder bij het slibruimen
- Slechte gisting van het slib, nog bemoeilijkt in winteromstandigheden. Het in oplossing gaan van zure bestanddelen betekent voor septictanks een belangrijke secundaire verontreiniging.

Voorbezinking en anaërobe slibgisting

principe

Vanaf een bepaald ongeveer 500 i.e.'s wordt voor de voorbezinking om miliehygiënische en economische redenen de voorkeur gegeven aan bezinkingsbekkens i.p.v. septic- en emschertanks. Deze kunnen een balk-, cilinder-, piramide- of kegelvorm hebben. In kleine installaties wordt meestal een balkvorm toegepast. Een interessant alternatief zijn voorbezinkingsvijvers. De slibgisting geschiedt in aparte slibgistingstanks, die in kleine RWZI's meestal onverwarmd zijn. Ook wordt het gas meestal niet opgevangen, hoewel dit een significante energiebesparing zou betekenen.

voordelen

- Sedimentatie is het goedkoopste procédé als men het bereikte zuiveringsrendement in beschouwing neemt. Te verwachte reducties:
 BOD: 25-35%
 zwevende stoffen: 40-70%
 N: 20%
 P: 30%
 pathogene kiemen: 25-75%

nadelen

- Het bezinkingsproces mag niet gestoord worden door hydraulische piekbelastingen. In kleine RWZI's zijn er dan ook vaak bufferbekkens aanwezig. Ook wordt maar een beperkt aandeel (tot 3x de droog weer afvoer) van de aanvoer toegelaten tot de voorbezinkingstank. Deze problemen treden niet op bij vijvers.
- Aparte slibgistingstanks drijven de investeringskosten sterk op.

Biofilter

principe

Na voorbezinking wordt afvalwater geleid over een filter met groot specifiek oppervlak, waarop een biofilter met een zuiverende werking tot ontwikkeling komt. Men onderscheidt biofilters met klassieke vulmaterialen (lavastenen, hoogovenslakken, steenbrokken) en plastic materialen. Na verloop van tijd zal het biofilter te veel zijn aangegroeid en zal een deel van de aangroei worden meegesleurd door het afvalwater. Er is sprake van een natuurlijke beluchting (schoorsteen effect).

In een kleine RWZI moet ook gedacht worden aan een rooster, zandopvang, voor- en nabezinking en slibverwerking (b.v. anaërobe stabilisatie en droogbedden).

voordelen

- Hoog zuiveringsrendement
- Goede slib-eigenschappen
- Beperkt terreinoppervlakte
- Gering energieverbruik

- t.o.v. actief-slibprocessen:
 - eenvoudige en goedkope exploitatie
 - minder energieverbruik
- Grote bedrijfszekerheid

nadelen

- Verstoppingsproblemen, zowel in de verdeelarmen (en sproeikoppen) als in het filter zelf (als slib zich in perioden van lage aanvoer en lage temperatuur gaat ophopen en rotten). Dit kan echter worden tegen gegaan door recirculatie in te schakelen.
- Psychoda- en aerosolproblemen bij warm weer (als de verdeling van het afvalwater over het biofilter niet gelijkmatig gebeurt en zich droge plekken voordoen).
- Moeilijke inpassing in het landschap
- Vrij hoge investeringskosten
- Frequentie controle vereist
- t.o.v. actief-slibprocessen, slechtere werking bij lage temperaturen (rendement bij 10 °C is 60% t.o.v. het rendement bij 20 °C)

Nabezinking

principe

Door bezinking in tanks of vijvers wordt het biologisch gezuiverde afvalwater gescheiden van de gevormde slibmassa, die dan gedeeltelijk gerecirculeerd kan worden. Nabezinkingstanks kunnen bij een aanvoer, groter dan de ontwerpcapaciteit van het biologisch gedeelte van een RWZI, rechtstreeks gevoed worden met ruw afvalwater. De nabezinking wordt bij bioschijven vaak vervangen door een filtratie d.m.v. een met filterdoek (met openingen van ca. 30 µm) bespannen om een horizontale as roterende zeeftrommel. De trommel wordt van buiten naar binnen (of vice versa) doorstroomd met het te filteren water.

voordelen

- Trommelfilters zijn t.o.v. nabezinkingstanks en -vijvers zeer compact
- Vijvers zijn landschappelijk beter in te passen dan tanks en zijn eenvoudiger qua bedrijfsvoering. Ze vergen ook minder onderhoud

nadelen

- Trommelfilters vereisen een goede vlokvorming, wat bij bioschijven en biofilters eerder het geval is dan bij voortgezette beluchting
- De bezinking in vijvers is minder goed te controleren: drijvend slib geeft hier grotere problemen dan tanks
- Filterdoeken zijn duur en gaan gemakkelijk stuk

Natuurlijk beluchte stabilisatievijvers

principe

Lagunering berust op kringloopprocessen die teweeg gebracht worden door in een permanente waterlaag levende organismen. Met oxydatieve afbraakproducten van het vorige proces en CO₂ bouwen ze celeig materiaal op, met zonlicht als energiebron. Een ander deel van de zuurstof wordt ingebracht door diffusie uit de atmosfeer. Tenslotte wordt ook nog zuurstof verbruikt voor de ademhaling van zooplankton en macrofauna, die eveneens een zuiverende invloed hebben o.a. door predatie). Lagunering zorgt voor een bijna volledige vernietiging van pathogene kiemen.

voordelen

- Geen energieverbruik, tenzij voor het oppompen van het afvalwater
- Eenvoudige constructie
- Eenvoudig toezicht op de werking
- Geschikt voor sterk schommelende vuilbelastingen (kleine gemeenschappen); bestand tegen relatief hoge hydraulische belastingen
- Kadert goed in het landschap
- Verwezenlijkt tertiaire zuivering
- Mogelijkheid tot uitbating visteelt
- Voor begroeide lagunes: eventueel valorisatie van rietmaaisel voor papiernijverheid
- Exploitatiekosten: 20% van deze van klassieke zuiveringsstations; investeringskosten: 10 tot 100% van deze van klassieke stations
- Aanvulling van de grondwaterspiegel
- Ecologische waarde: rust- en broedplaatsen voor watervogels

nadelen

- Hoge grondbehoefte
- Minder efficiënte werking tijdens de winter, tenzij de capaciteit (volume) zeer groot is
- Roept mogelijk psychologische en juridische bezwaren op, vanwege het gebruik van oppervlaktewater voor zuivering
- Periodiek optredend zuurstofgebrek door het opwervelen van afgezet slib, kan geurhinder meebrengen; inplanting op minstens 500 m van woongebieden is daardoor nodig
- Bij inplanting op afgelegen plaatsen, zijn toch nog extra kollektoren nodig

Kunstmatig beluchte stabilisatievijvers

principe

In deze vijvers worden de zuiverende micro-organismen van zuurstof voorzien door mechanische beluchting. Eigenlijk gaat het om een actief-slibstelsel met een lage slibbelasting en zonder slibrecirculatie. In aërobe vijvers worden alle zuiverende en te verwijderen deeltjes volledig in suspensie gehouden ('complete mixing'); facultatieve, kunstmatig beluchte vijvers zijn bijna volledig aëroob, maar de onvolledige menging laat toe dat een groot deel van de organische belasting op de bodem bezinkt, en er anaëroob ontbindt. Door de grotere waterdiepte en de hogere organische belasting, kunnen kunstmatig beluchte vijvers toegepast worden waar de grond te schaars is en/of het klimaat ongunstig voor natuurlijk beluchte systemen.

voordelen

- Werking is minder klimaatsafhankelijk dan bij natuurlijke beluchting
- Hogere organische belastingen zijn te behandelen dus wordt ook de grondbehoefte kleiner
- Groot bufferend vermogen tegen schommelingen in organische en hydraulische belasting
- Relatief eenvoudige uitvoering; lage onderhoudskosten
- Laag energieverbruik, vooral voor het facultatief type
- Hoog zuiveringsrendement voor BOD

nadelen

- Geen tot zeer weinig tertiaire zuivering; daartoe is nog een extra ruimte nodig voor een nabehandelingsvijver
- Zie ook: natuurlijk beluchte stabilisatievijvers

Infiltratiebedden

principe

Infiltratiebedden laten toe dat het effluent van een voorbezonken of oxydatief-biologisch behandeld afvalwater in de bodem infiltreert. Tijdens de stroming door de bodemporiën gebeurt zuivering d.m.v. filtratie, microbiële degradatie, adsorptie van opgeloste stoffen aan bodemcolloïdalen, neerslagreacties, ionenuitwisseling, vervluchting, vernietiging van pathogene kiemen. Een aantal stoffen accumuleren in gewijzigde of ongewijzigde vorm in de bodem. Sommige stoffen bereiken na een bepaalde tijd het grondwater.

voordelen

- Geen energieverbruik
- Eenvoudige uitvoering
- Vergt weinig onderhoud
- Wanneer goed gedimensioneerd: lange levensduur (30-50 j)
- Grondwateraanvulling
- Goede inpasbaarheid in het landschap mogelijk
- Weinig gevoelig voor kortdurende belastingvariaties

nadelen

- Hoge grondbehoefte
- Toepassing beperkt door bodemsoort (textuur, structuur, gelaagdheid) en de hydrologische situatie van het gebied
- Gevaar voor bodem- en grondwaterverontreiniging
- Kans op verstopping
- In geval van een opgehoogd infiltratiebed: niet bodemafhankelijk, maar er is wel een pomp nodig voor opvoeren van het influent (investering en energieverbruik)

Zand-, grind-, en turffilters

principe

Primair of oxydatief-biologisch voorbehandeld afvalwater wordt door een zand-, grind- of turflaag geleid en daarna gecontroleerd opgevangen en afgevoerd. De filters kunnen al dan niet begroeid zijn. Gedurende de percolatie ondergaat het influent een biochemische en fysische zuivering: degradatie van organisch materiaal, nitrificatie, filtratie van deeltjes in suspensie. De aanvoer van het afvalwater gebeurt meestal intermitterend, d.w.z. met het toepassen van rusttijden.

voordelen

- Eenvoudige bedrijfsvoering
- Hoog zuiveringsrendement
- Lage grondbehoefte in vergelijking met b.v. infiltratiebed of lagunering
- Lage energiekosten
- Geen gevaar voor vervuiling van het grondwater, aangezien het effluent door drains wordt opgevangen

nadelen

- Noodzaak van regelmatige controle en onderhoud
- Noodzaak van één of twee pompen voor aan- en afvoer
- Tot een grootte van 50 i.e.'s zijn de totale kosten relatief hoog

Percolatievelden

principe

Voorbezonken en eventueel verdund afvalwater wordt door de natuurlijke bodem gepercoleerd en daarna via draineerbuizen afgevoerd. Het percolatieveld (-bekken) is al of niet begroeid. De zuiverende werking berust op een aantal processen, zoals biochemische oxydatieve afbraak van organische stoffen, opname van nutriënten door planten of door andere organismen, adsorptie, chemische oxydatie en reductie (o.a. nitrificatie en denitrificatie), vernietiging van schadelijke micro-organismen. Percolatievelden zijn eigenlijk een natuurlijke vorm van zandfilters

voordelen

- Bestand tegen sterk wisselende belastingen
- Mogelijkheid tot valorisatie van het maaisel in geval van begroeiing; het effluent kan eventueel nabehandeld worden in een natuurlijke beluchte vijver, waar de nog aanwezige nutriënten een mogelijke bemesting zijn voor aquacultuur.
- Goede zuiveringsresultaten
- Minder gevaar voor grondwaterverontreiniging door gecontroleerde afvoer van effluent (drainage).
- Lage investerings- en operationele kosten

nadelen

- Wisselende belastingen zijn gewenst, bijvoorbeeld droogstand in de winter
 - Vergt nauwgezet beheer en toezicht om dichtslemping en dichtgroeien te voorkomen.
- Na een tijd kan het bodemfilter verzadigd raken , waardoor zuiveringscapaciteit afneemt

Bijlage 7: Het Vallei-model in Mathcad

1. Inlezen van de hoogte/volume relaties van de polder van Kruibeke, het wachtbekken en de Barbierbeekvallei, hiermee worden functies beschreven die door middel van lineaire interpolatie een hoogte uit een volume of vice versa kunnen berekenen.

A. Functies voor de polder van Kruibeke (het volume van de polder van Kruibeke wordt gecorrigeerd voor het volume dat erbij komt als het water in de polder boven de 4 m TAW)

Khoogte = READPRN(kredh)

Kvolume = READPRN(kredvol)

Kvolume₁₄ = 4.53

functie voor bepaling van waterhoogte uit een ingegeven volume:

KWH(vol) = linterp(Kvolume, Khoogte, vol)

functie voor bepaling van een volume uit een ingegeven waterhoogte:

KV(hoogte) = linterp(Khoogte, Kvolume, hoogte)

B. Functies voor het wachtbekken

Whoogte = READPRN(Hwacht)

Wvolume = READPRN(V3wacht)

functie voor bepaling van waterhoogte uit een ingegeven volume:

WWH(vol) = linterp(Wvolume, Whoogte, vol)

functie voor bepaling van een volume uit een ingegeven waterhoogte:

WV(hoogte) = linterp(Whoogte, Wvolume, hoogte)

C. Functies voor de Barbierbeekvallei

Vhoogte = READPRN(Hvallei)

Vvolume = READPRN(Vvallei)

functie voor bepaling van waterhoogte uit een ingegeven volume:

VWH(vol) = linterp(Vvolume, Vhoogte, vol)

functie voor bepaling van een volume uit een ingegeven waterhoogte:

VV(hoogte) = linterp(Vhoogte, Vvolume, hoogte)

2. Opstellen van functies die het debiet door een sluis of overlaat berekenen op basis van standaard formules uit de hydraulica

A. Debietberekening door een sluis

$$Q_{\text{sluis}}(h_1, h_2, \text{sill}, \text{gate}, \text{length}, \text{alfa}) = \left[\begin{array}{l} hc \leftarrow \frac{\text{gate} + \text{sill}}{2} \\ dh \leftarrow \left[\begin{array}{l} h_1 - h_2 \text{ if } (h_2 \geq \text{gate}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ h_1 - hc \text{ if } (h_2 \leq \text{sill}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ (h_1 - hc) - \frac{h_2 - \text{sill}}{2} \text{ if } (\text{gate} > h_2 > \text{sill}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ \frac{h_1 - \text{sill}}{2} \text{ if } (h_2 \leq \text{sill}) \cdot (\text{gate} > h_1 > \text{sill}) \\ \frac{h_1 - h_2}{2} \text{ if } (\text{gate} > h_1 > h_2 > \text{sill}) \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ opp \leftarrow \left[\begin{array}{l} \text{length} \cdot (\text{gate} - \text{sill}) \text{ if } h_1 > \text{gate} \\ (\text{length} \cdot (h_1 - \text{sill})) \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ 0 \text{ if } h_1 \leq h_2 \\ \left[\text{alfa} \cdot opp \cdot (2 \cdot 9.81 \cdot dh)^{0.5} \right] \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

B. Debietberekening van een volkomen of een onvolkomen overlaat

$$Q_{\text{overlaat}}(h_1, h_2, \text{sill}, \text{breedte}, \text{alfa1}, \text{alfa2}) = \left[\begin{array}{l} dh \leftarrow \left[\begin{array}{l} h_1 - \text{sill} \text{ if } (h_1 > \text{sill}) \cdot \left[(h_2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h_1 - \text{sill}) \right] \\ 0 \text{ if } (h_1 \leq h_2) \\ 0 \text{ if } (h_1 \leq \text{sill}) \\ h_1 - h_2 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ q \leftarrow \left[\begin{array}{l} \left(\text{alfa1} \cdot \text{breedte} \cdot dh^{\frac{3}{2}} \right) \text{ if } (h_1 > \text{sill}) \cdot \left[(h_2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h_1 - \text{sill}) \right] \\ \left[\text{alfa2} \cdot \text{breedte} \cdot (h_2 - \text{sill}) \cdot \sqrt{19.62 \cdot dh} \right] \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ q \end{array} \right]$$

3. Opgeven van de parameters van de sluizen en overlaten

Sluis 1: Sluis door de ringdijk die de Barbierbeek (en wachtbekken) met de Barbierbeekvallei verbindt

drempelhoogte: $S1sill = 1.5$

debietscoëfficiënt: $S1alfa = 0.6$

$S1gate = S1sill + 0.9$

$S1b = 6 \cdot 1.3$

$S1opp = S1b \cdot (S1gate - S1sill)$

Sluis 2: De uitwateringssluizen in de overloopdijk

drempelhoogte: $S2sill = 0.8$

debietscoëfficiënt: $S2alfa = 0.6$ aantal: $S2n = 4$

$S2gate = S2sill + 2 \cdot 0.9$

$S2b = 6 \cdot 1.3$

$S2opp = S2b \cdot 2 \cdot 0.9 \cdot S2n$

$S2btot = S2n \cdot S2b$

Sluis 3: De inwateringssluizen tussen polder van Kruibeke en Schelde (voor berekeningen aan het GGG)

drempelhoogte: $S3sill = 10$

debietscoëfficiënt: $S3alfa = 0.7$

aantal: $S3n = 10$

$S3gate = S3sill + 0.9$

$S3b = 1.3$

$S3opp = S3b \cdot 0.9 \cdot S3n$

$S3btot = S3n \cdot S3b$

Sluis 4: De uitwateringssluis voor de Barbierbeekvallei in de overloopdijk

drempelhoogte: $S4sill = 1.2$

debietscoëfficiënt: $S4alfa = 0.6$

aantal: $S4n = 1$

$S4gate = S4sill + 2 \cdot 0.9$

$S4b = 6 \cdot 1.3$

$S4opp = S4b \cdot 2 \cdot 0.9 \cdot S4n$

$S4btot = S4n \cdot S4b$

Overlaat 1: De overloopdijk van de polder van Kruibeke

drempelhoogte: $O1sill = 6.8$ debietscoëfficiënt1: $O1alfa2 = 0.8$ debietscoëfficiënt2: $O1alfa1 = 1.72 \cdot O1alfa2$

lengte van de overloopdijk: $O1b = 1470$

Opmerkingen:

De overlaat van de polder van Kruibeke naar de Barbierbeekvallei is niet als functie opgenomen in het model. Als de waterstand in de polder van Kruibeke boven de 4 m TAW is, neemt het model aan dat de waterstand in de Barbierbeekvallei dezelfde is.

Als de waterstand in de polder van Kruibeke hoger berekend wordt dan de waterstand op de Schelde en boven de overloopdijk van 6.80 m TAW ligt (dit kan doordat ze als 2 aparte compartimenten worden voorgesteld) dan wordt de waterstand gelijk) dan wordt de waterstand in de polder gelijkgesteld aan de waterstand op de Schelde.

4. Indeling van de berekening in tijdstappen

De berekening loopt over 112 uur met tijdstappen van 15 min.:

$\text{int} = 0.25$ $\text{nsteps} = 448$

$i = 0 \dots \text{nsteps}$

$t_i = \text{int} \cdot i$

5. Inlezen van getij op de Schelde

Dit is de resulterende getijkromme in het wiskundig model van de Schelde in Dufrow ter hoogte van Kruibeke. De cijfers na het woord 'getij' refereren aan de max. piek van het stormgetij

$\text{Hriv} = \text{READPRN}(\text{getij791})$

6. Functiebepaling voor het berekenen van de debieten door de gedefiniëerde sluizen/overlaat

Debiet van sluis 1:

$\text{QS1}(\text{Hvallei}, \text{Hwacht}) = \text{Qsluis}(\text{Hwacht}, \text{Hvallei}, \text{S1sill}, \text{S1gate}, \text{S1b}, \text{S1alfa})$

Debiet van sluis 2:

$\text{QS2}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qsluis}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}, \text{S2sill}, \text{S2gate}, \text{S2btot}, \text{S2alfa})$

Debiet van sluis 3:

$\text{QS3}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qsluis}(\text{Hriv}, \text{Hpolder}, \text{S3sill}, \text{S3gate}, \text{S3btot}, \text{S3alfa})$

Debiet van sluis 4:

$\text{QS4}(\text{Hvallei}, \text{Hriv}) = \text{Qsluis}(\text{Hvallei}, \text{Hriv}, \text{S4sill}, \text{S4gate}, \text{S4btot}, \text{S4alfa})$

Debiet van overlaat 1:

$\text{QO1}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qoverlaat}(\text{Hriv}, \text{Hpolder}, \text{O1sill}, \text{O1b}, \text{O1alfa1}, \text{O1alfa2})$

7. Opgeven van de beginwaarden

Beginhoogte in de polder:

$\text{hstartpolder} = \text{S2sill}$

$\text{hstartpolder} = 0.8$

Beginhoogte in het wachbekken:

$\text{hstartwacht} = \text{Whoogte}_0$

$\text{hstartwacht} = 2$

Beginhoogte in de Barbierbeekvallei:

$\text{hstartvallei} = \text{Vhoogte}_0$

$\text{hstartvallei} = 1.2$

Waterhoogte op de Schelde:

$\text{hhulpriv}_i = \frac{\text{Hriv}_i + \text{Hriv}_{i-1}}{2}$

Debiet van de Barbierbeek:

$\text{debBB} = 5$

8. De iteratieprocedure

```

debS1
debS2
debS3
debS4
debO1
hp = hp0 ← hstartpolder
hw hw0 ← hstartwacht
hv hv0 ← hstartvallei
debp debS10 ←  $\begin{cases} \text{QS1}(hv_0, hw_0) & \text{if } WV(hw_0) > 0 \\ \text{debBB} & \text{otherwise} \end{cases}$ 
debw debS20 ← QS2(hp0, hhulpriv0)
debv debS30 ← QS3(hp0, hhulpriv0)
debS40 ←  $\begin{cases} \text{QS4}(hv_0, hhulpriv_0) & \text{if } VV(hv_0) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
debO10 ← QO1(hp0, hhulpriv0)
debp0 ← (debS30 + debO10) - debS20
debw0 ← 0
debv0 ← debS10 - debS40
for ind ∈ 1 .. nsteps
    Nvolw ←  $\begin{cases} WV(hw_{ind-1}) + (\text{debBB} \cdot \text{int} \cdot 3600) & \text{if } hv_{ind-1} > hw_{ind-1} \\ WV(hw_{ind-1}) + (\text{debBB} - \text{debS1}_{ind-1}) \cdot \text{int} \cdot 3600 & \text{if } (WV(hw_{ind-1}) > 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
    Nvolp ←  $KV(hp_{ind-1}) + \left[ (\text{debS3}_{ind-1} + \text{debO1}_{ind-1}) - (\text{debS2}_{ind-1}) \right] \cdot \text{int} \cdot \frac{3600}{10^6}$ 
    Nvolv ←  $VV(hv_{ind-1}) + \left[ (\text{debS1}_{ind-1}) - (\text{debS4}_{ind-1}) \right] \cdot \text{int} \cdot 3600$ 
    hpind ←  $\begin{cases} KWH(Nvolp) & \text{if } KWH(Nvolp) > S2sill \\ S2sill & \text{if } KWH(Nvolp) \leq S2sill \\ hhulpriv_{ind-1} & \text{if } (KWH(Nvolp) \geq hhulpriv_{ind-1}) \cdot KWH(Nvolp) > 6.80 \end{cases}$ 
    hwind ←  $\begin{cases} WWH(Nvolw) & \text{if } WWH(Nvolw) > hw_0 \\ hw_0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
    hvind ←  $\begin{cases} VWH(Nvolv) & \text{if } VWH(Nvolv) \geq S4sill \\ S4sill & \text{if } VWH(Nvolv) < S4sill \\ hp_{ind} & \text{if } hp_{ind} < 4.00 \end{cases}$ 

```



```

debS1ind ←  $\begin{cases} \text{QS1}(h_{v_{ind}}, h_{w_{ind}}) & \text{if } WV(h_{w_{ind}}) > 0 \\ \text{debBB} & \text{otherwise} \end{cases}$ 
debS2ind ← QS2( $h_{p_{ind}}, h_{hulpriv_{ind}}$ )
debS3ind ← QS3( $h_{p_{ind}}, h_{hulpriv_{ind}}$ )
debS4ind ← QS4( $h_{v_{ind}}, h_{hulpriv_{ind}}$ )
debO1ind ← QO1( $h_{p_{ind}}, h_{hulpriv_{ind}}$ )
debpind ← (debS1ind + debS3ind + debO1ind) - debS2ind
debwind ←  $\begin{cases} (\text{debBB} - \text{debS1}_{ind}) & \text{if } WV(h_{w_{ind}}) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
debvind ← debS1ind - debS4ind

debS1
debS2
debS3
debS4
debO1
hp
hw
hv
debp
debw
debv

```

9. De resultaten

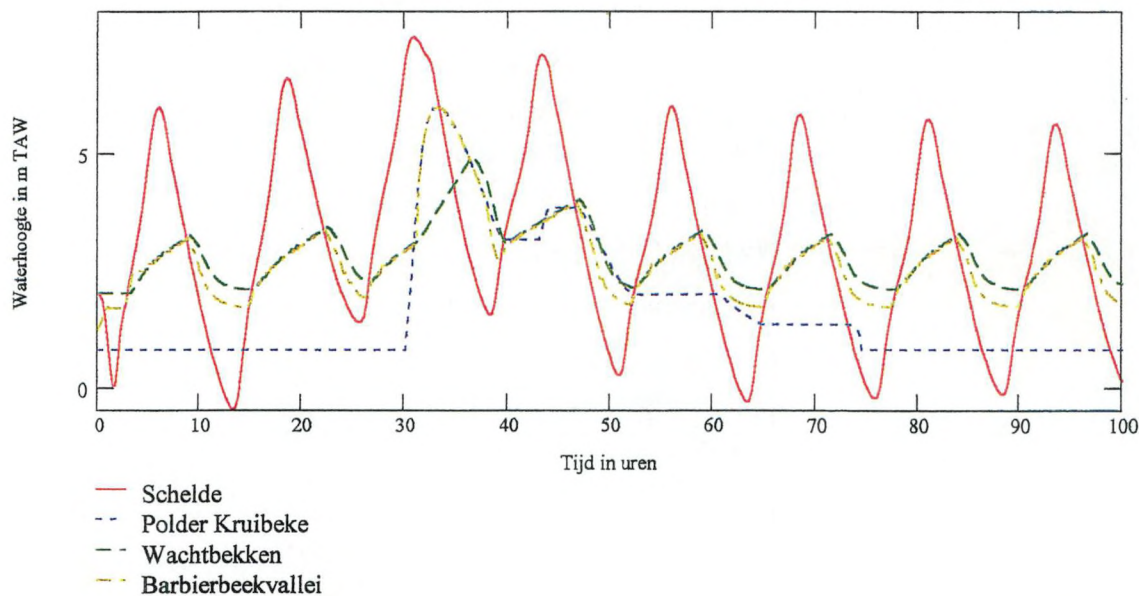
$i := 0..400$

$\max(h_v) = 5.956$ $m := 2$ $e := 0.8$ $o := 4.5$

$VV(\max(h_v)) = 3.367 \cdot 10^5$

$WV(\max(h_w)) = 1.542 \cdot 10^5$

$\max(h_w) = 4.931$



Bijlage 8: Het Polder-model in Mathcad

1. Inlezen van de hoogte/volume relaties van de polder van Kruibeke en het wachtbekken, hiermee worden functies beschreven die door middel van lineaire interpolatie een hoogte uit een volume of vice versa kunnen berekenen.

A. Functies voor de polder van Kruibeke (het volume van de polder van Kruibeke wordt gecorrigeerd voor het volume dat erbij komt van de Barbierbeekvallei)

Khoogte = READPRN(kredh)

Vhoogte = READPRN(Hvallei)

Kvolume = READPRN(kredvol)

Vvolume = READPRN(Vvallei)

i = 3..10

$$Kvolume_i = Kvolume_i + \frac{Vvolume_{i-2}}{10^6}$$

$$Kvolume_{11} = Kvolume_{11} + \frac{Vvolume_{13}}{10^6}$$

$$Kvolume_{13} = Kvolume_{13} + \frac{Vvolume_{28}}{10^6}$$

$$Kvolume_{12} = Kvolume_{12} + \frac{Vvolume_{18}}{10^6}$$

$$Kvolume_{14} = Kvolume_{14} + \frac{Vvolume_{28}}{10^6}$$

KWH(vol) = linterp(Kvolume, Khoogte, vol)

KV(hoogte) = linterp(Khoogte, Kvolume, hoogte)

B. Functies voor het wachtbekken

Whoogte = READPRN(Hwacht)

Wvolume = READPRN(V6wacht)

WWH(vol) = linterp(Wvolume, Whoogte, vol)

WV(hoogte) = linterp(Whoogte, Wvolume, hoogte)

2. Opstellen van functies die het debiet door een sluis of overlaat berekenen op basis van standaard formules uit de hydraulica

A. Debietberekening door een sluis

$$Q_{\text{sluis}}(h_1, h_2, \text{sill}, \text{gate}, \text{length}, \text{alfa}) = \begin{cases} hc - \frac{\text{gate} + \text{sill}}{2} \\ dh = \begin{cases} h_1 - h_2 & \text{if } (h_2 \geq \text{gate}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ h_1 - hc & \text{if } (h_2 \leq \text{sill}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ (h_1 - hc) - \frac{h_2 - \text{sill}}{2} & \text{if } (\text{gate} > h_2 > \text{sill}) \cdot (h_1 \geq \text{gate}) \\ \frac{h_1 - \text{sill}}{2} & \text{if } (h_2 \leq \text{sill}) \cdot (\text{gate} > h_1 > \text{sill}) \\ \frac{h_1 - h_2}{2} & \text{if } (\text{gate} > h_1 > h_2 > \text{sill}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ opp = \begin{cases} \text{length} \cdot (\text{gate} - \text{sill}) & \text{if } h_1 > \text{gate} \\ (\text{length} \cdot (h_1 - \text{sill})) & \text{otherwise} \end{cases} \\ 0 & \text{if } h_1 \leq h_2 \\ \left[\text{alfa} \cdot opp \cdot (2 \cdot 9.81 \cdot dh)^{0.5} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

B. Debietberekening van een volkomen of een onvolkomen overlaat

$$Q_{\text{overlaat}}(h_1, h_2, \text{sill}, \text{breedte}, \text{alfa1}, \text{alfa2}) = \begin{cases} dh = \begin{cases} h_1 - \text{sill} & \text{if } (h_1 > \text{sill}) \cdot \left[(h_2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h_1 - \text{sill}) \right] \\ 0 & \text{if } (h_1 \leq h_2) \\ 0 & \text{if } (h_1 \leq \text{sill}) \\ h_1 - h_2 & \text{otherwise} \end{cases} \\ q = \begin{cases} \left(\text{alfa1} \cdot \text{breedte} \cdot dh^{\frac{3}{2}} \right) & \text{if } (h_1 > \text{sill}) \cdot \left[(h_2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h_1 - \text{sill}) \right] \\ \text{alfa2} \cdot \text{breedte} \cdot (h_2 - \text{sill}) \cdot \sqrt{19.62 \cdot dh} & \text{otherwise} \end{cases} \\ q \end{cases}$$

3. Opgeven van de parameters van de sluizen en overlaten

Sluis 1: Sluis door de ringdijk die de Barbierbeek (en wachtbekken) met de polder van Kruibeke verbindt

$$\text{drempelhoogte: } S1_{\text{sill}} = 1.5$$

$$\text{debietscoëfficiënt } S1_{\alpha} = 0.6$$

$$S1_{\text{gate}} = S1_{\text{sill}} + 0.9$$

$$S1b = 3 \cdot 1.3$$

$$S1_{\text{opp}} = S1b \cdot (S1_{\text{gate}} - S1_{\text{sill}})$$

Sluis 2: De uitwateringssluizen in de overloopdijk

$$\text{drempelhoogte: } S2_{\text{sill}} = 0.8$$

$$\text{debietscoëfficiënt } S2_{\alpha} = 0.6$$

$$\text{aantal: } S2n = 4$$

$$S2_{\text{gate}} = S2_{\text{sill}} + 2 \cdot 0.9$$

$$S2b = 6 \cdot 1.3$$

$$S2_{\text{opp}} = S2b \cdot 2 \cdot 0.9 \cdot S2n$$

$$S2_{\text{btot}} = S2n \cdot S2b$$

Sluis 3: De inwateringsluizen tussen polder van Kruibeke en Schelde (voor berekeningen aan het GGG, de sluizen kunnen worden 'uitgezet' dmv hoog drempelniveau)

$$\text{drempelhoogte: } S3_{\text{sill}} = 10$$

$$\text{debietscoëfficiënt } S3_{\alpha} = 0.7$$

$$\text{aantal: } S3n = 10$$

$$S3_{\text{gate}} = S3_{\text{sill}} + 0.9$$

$$S3b = 1.3$$

$$S3_{\text{opp}} = S3b \cdot 0.9 \cdot S3n$$

$$S3_{\text{btot}} = S3n \cdot S3b$$

Overlaat 1: De overloopdijk van de polder van Kruibeke

$$\text{drempelhoogte: } O1_{\text{sill}} = 6.8 \quad \text{debietscoëfficiënt } O1_{\alpha 2} = 0.8$$

$$\text{debietscoëfficiënt } O1_{\alpha 1} = 1.72 \cdot O1_{\alpha 2} \quad \text{lengte van de overloopdijk: } O1b = 1470$$

Opmerkingen:

De overlaat van de polder van Kruibeke naar de Barbierbeekvallei is niet als functie opgenomen in het model. Als de waterstand in de polder van Kruibeke boven de 4 m TAW is, neemt het model aan dat de waterstand in de Barbierbeekvallei dezelfde is.

Als de waterstand in de polder van Kruibeke hoger berekend wordt dan de waterstand op de Schelde en boven de overloopdijk van 6.80 m TAW ligt (dit kan doordat ze als 2 aparte compartimenten worden voorgesteld) dan wordt de waterstand gelijk dan wordt de waterstand in de polder gelijkgesteld aan de waterstand op de Schelde.

4. Indeling van de berekening in tijdstappen

De berekening loopt over 112 uur in tijdstappen van 15 min.:

$$\text{int} = 0.25 \quad \text{nsteps} = 448$$

$$i = 0 \dots \text{nsteps}$$

$$t_i = \text{int} \cdot i$$

5. Inlezen van getij op de Schelde

Dit is de resulterende getijkromme in het wiskundig model van de Schelde in Dufrow ter hoogte van Kruike. De cijfers na het woord 'getij' refereren aan de max. piek van het stormgetij

$$\text{Hriv} = \text{READPRN}(\text{getij791})$$

6. Functie bepaling voor het berekenen van de debieten door de gedefiniëerde sluizen/overlaat

Debiet van sluis 1:

$$\text{QS1}(\text{Hpolder}, \text{Hwacht}) = \text{Qsluis}(\text{Hwacht}, \text{Hpolder}, \text{S1sill}, \text{S1gate}, \text{S1b}, \text{S1alfa})$$

Debiet van sluis 2:

$$\text{QS2}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qsluis}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}, \text{S2sill}, \text{S2gate}, \text{S2btot}, \text{S2alfa})$$

Debiet van sluis 3:

$$\text{QS3}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qsluis}(\text{Hriv}, \text{Hpolder}, \text{S3sill}, \text{S3gate}, \text{S3btot}, \text{S3alfa})$$

Debiet van overlaat 1:

$$\text{QO1}(\text{Hpolder}, \text{Hriv}) = \text{Qoverlaat}(\text{Hriv}, \text{Hpolder}, \text{O1sill}, \text{O1b}, \text{O1alfa1}, \text{O1alfa2})$$

7. Opgeven van de beginwaarden

Beginhoogte in de polder:

$$\text{hstartpolder} = \text{S2sill}$$

$$\text{hstartpolder} = 0.8$$

Beginhoogte in het wachbekken:

$$\text{hstartwacht} = \text{Whoogte}_0$$

$$\text{hstartwacht} = 2$$

Waterhoogte op de Schelde:

$$\text{hhulpriv}_i = \frac{\text{Hriv}_i + \text{Hriv}_{i-1}}{2}$$

Debiet van de Barbierbeek:

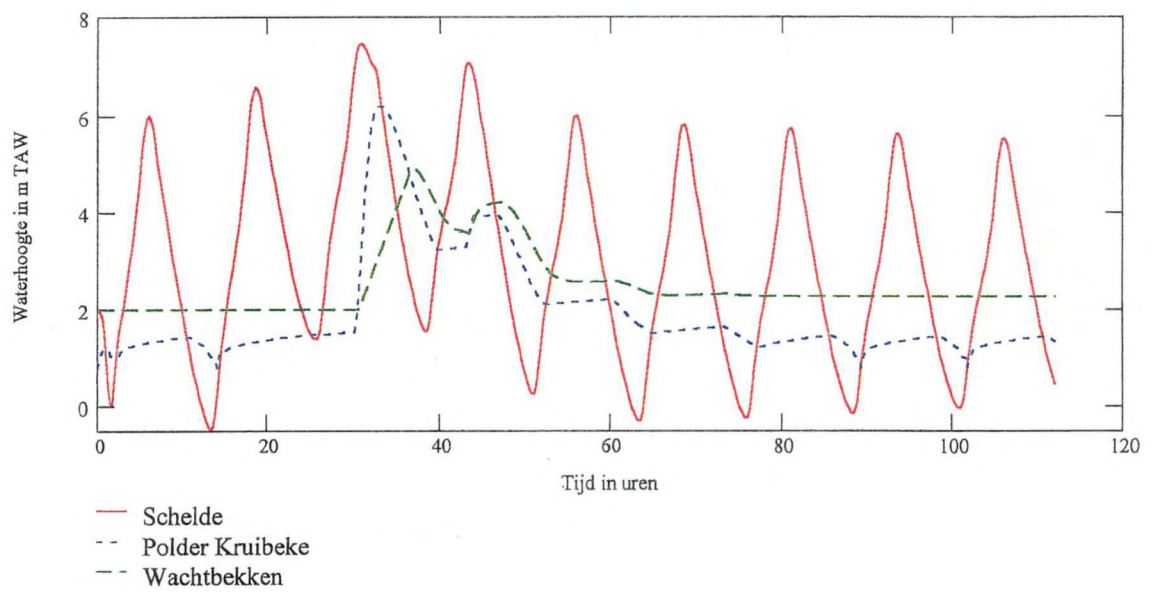
$$\text{debBB} = 5$$

8. De iteratieprocedure

<div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px; display: inline-block;"> debS1 debS2 debS3 debO1 hp hw debp debw </div>	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">=</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\begin{aligned} &hp_0 \leftarrow \text{hstartpolder} \\ &hw_0 \leftarrow \text{hstartwacht} \\ &debS1_0 \leftarrow \begin{cases} QS1(hp_0, hw_0) & \text{if } WV(hw_0) > 0 \\ debBB & \text{otherwise} \end{cases} \\ &debS2_0 \leftarrow QS2(hp_0, hhulpriv_0) \\ &debS3_0 \leftarrow QS3(hp_0, hhulpriv_0) \\ &debO1_0 \leftarrow QO1(hp_0, hhulpriv_0) \\ &debp_0 \leftarrow (debS1_0 + debS3_0 + debO1_0) - debS2_0 \\ &debw_0 \leftarrow 0 \\ &\text{for } ind \in 1 \dots nsteps \\ &\quad Nvolw \leftarrow \begin{cases} WV(hw_{ind-1}) + (debBB \cdot \text{int} \cdot 3600) & \text{if } hp_{ind-1} > hw_{ind-1} \\ WV(hw_{ind-1}) + (debBB - debS1_{ind-1}) \cdot \text{int} \cdot 3600 & \text{if } (WV(hw_{ind-1}) > 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ &\quad Nvolp \leftarrow KV(hp_{ind-1}) + \left[(debS1_{ind-1} + debS3_{ind-1} + debO1_{ind-1}) - (debS2_{ind-1}) \right] \cdot \text{int} \cdot \frac{3600}{10^6} \\ &\quad hp_{ind} \leftarrow \begin{cases} KWH(Nvolp) & \text{if } KWH(Nvolp) > S2sill \\ S2sill & \text{if } KWH(Nvolp) \leq S2sill \\ hhulpriv_{ind-1} & \text{if } (KWH(Nvolp) \geq hhulpriv_{ind-1}) \cdot KWH(Nvolp) > 6.80 \end{cases} \\ &\quad hw_{ind} \leftarrow \begin{cases} WWH(Nvolw) & \text{if } WWH(Nvolw) > hw_0 \\ hw_0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ &\quad debS1_{ind} \leftarrow \begin{cases} QS1(hp_{ind}, hw_{ind}) & \text{if } WV(hw_{ind}) > 0 \\ debBB & \text{otherwise} \end{cases} \\ &\quad debS2_{ind} \leftarrow QS2(hp_{ind}, hhulpriv_{ind}) \\ &\quad debS3_{ind} \leftarrow QS3(hp_{ind}, hhulpriv_{ind}) \\ &\quad debO1_{ind} \leftarrow QO1(hp_{ind}, hhulpriv_{ind}) \\ &\quad dep_{ind} \leftarrow (debS1_{ind} + debS3_{ind} + debO1_{ind}) - debS2_{ind} \\ &\quad debw_{ind} \leftarrow \begin{cases} debBB - debS1_{ind} & \text{if } WV(hw_{ind}) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ &debS1 \\ &debS2 \\ &debS3 \end{aligned}$ </div>
--	---

debo1
hp
hw
debp
debw

9. De Resultaten



$$WV(\max(hw)) = 1.095 \cdot 10^5$$

$$WV(\max(hw)) = 1.095 \cdot 10^5$$

$$\max(hw) = 4.919$$

Bijlage 9

Toetsen van een verband tussen het voorkomen van een buitengewoon stormgetij op de Schelde en een extreem debiet op de Barbierbeek.

Inleiding

Bij de berekeningen van de wachtbekkens voor de Barbierbeek in de hoofdstukken 8 en 9 is uitgegaan van een onderling verband tussen twee factoren die bepalend zijn voor de dimensionering van het wachtbekken, namelijk het voorkomen van een buitengewoon stormgetij op de Schelde waarbij de hoogwaterstand boven 7 m TAW komt en een extreem debiet op de Barbierbeek. In deze bijlage wordt de beredenering van deze onderlinge afhankelijkheid uitgewerkt.

Materiaal en Methode

Voor de berekening zijn de debieten van de Barbierbeek gebruikt uit de periode 1966 t/m 1995 zoals berekend in hoofdstuk 6. Hieruit zijn de debieten geselecteerd over de hele periode die zijn opgetreden op de data waarop in een bepaald jaar van de periode een stormgetijde optrad en tevens de twee daaropvolgende dagen. Dus: op 28 januari 1994 trad er een stormtij op de Schelde op. Geselecteerd zijn dan de debieten van 28, 29 en 30 januari 1966, 1967 etc t/m 1995. De twee opvolgende dagen (in voorbeeld 29 en 30 januari) zijn extra meegenomen omdat het Barbierbeekwater tijdens en nog gedurende een zekere tijd na de overstroming van het GOG moet worden opgevangen. Tevens treedt er tijdens regenval altijd een vertraging op in de verhoging van het debiet vanwege de berging van neerslag in het stroomgebied.

De onderlinge afhankelijkheid van een buitengewoon stormgetij op de Schelde waarbij de hoogwaterstand boven 7 m TAW komt en een extreem debiet op de Barbierbeek kan worden beschreven als een populatie-steekproef verhouding. Populatie (1) bestaat uit al de geselecteerde debieten van de hele periode 1966 t/m 1995 uitgezonderd de debieten die opgetreden zijn tijdens de feitelijke dag en de twee dagen na de dag van het stormtij. Het gemiddelde van deze populatie noemen we μ_1 , en de spreiding σ_1 . Populatie (2) bestaat alleen uit debieten van de Barbierbeek die opgetreden zijn op de dag en de twee dagen na het feitelijk optreden van het stormtij. Het gemiddelde van deze populatie noemen we μ_2 , en de spreiding σ_2 .

De onderlinge afhankelijkheid kan getoetst worden d.m.v. een hypothese toetsing van de gemiddelden van beide verzamelingen.

Als hypothese wordt gesteld dat er is geen verschil is tussen deze twee populaties, dat wil zeggen dat er geen verband is tussen het voorkomen van buitengewone stormgetijden met hoogwaterstanden van 7 m TAW of hoger op de Schelde en het voorkomen van extreme debieten. Dit houdt in dat:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu \quad \text{en} \quad \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$$

Wanneer gesteld wordt dat beide populaties aan elkaar gelijk zijn, mag voor de verwachte waarde van het gemiddelde van de steekproef uitgegaan worden van een normale verdeling.

Als nu uit beide verzamelingen een steekproef wordt genomen, grootte resp. N_1 en N_2 , en voor beide steekproeven het gemiddelde (X_1 en X_2) en de standaarddeviatie (S_1 en S_2) wordt berekend, dan kan de hypothese als volgt worden weergegeven:

$\Delta x = X_1 - X_2$ en $\mu(\Delta x) = \mu_1 - \mu_2 = 0$
en
$\text{Variantie } (\Delta x) = (\sigma^2 / N_1) + (\sigma^2 / N_2)$ <p>met σ : beste schatter van de standaard deviatie van de populatie op basis van S_1 en S_2</p>

Als betrouwbaarheid wordt een interval van 95% getolereerd.

Resultaten

Verzameling 1* bevat al de geselecteerde debieten van de hele periode 1966 t/m 1995 uitgezonderd de debieten die opgetreden zijn tijdens de feitelijke dag en de twee dagen na de dag van het stormtij. Verzameling 2** bevat alleen debieten van de Barbierbeek die opgetreden zijn op de dag en de twee dagen na het feitelijk optreden van het stormtij.

Van beide verzamelingen wordt het gemiddelde, de standaarddeviatie en de grootte bepaald, dit is weergegeven in Tabel A:

Parameter	Steekproef (1)*	Steekproef (2)**	Samengestelde steekproef
gemiddelde X	0,512	1,009	0.52
standaard deviatie S	0,576	0,715	0.572
grootte N	861	36	897

Tabel A: parameters van de steekproeven

Vervolgens wordt de H_0 getoetst: de gemiddelden van N_1 en N_2 zijn gelijk, en Δx is dan normaal verdeeld $N(0, S_0)$. Hiervoor wordt S_0 uitgerekend.

$$\begin{aligned}
 S_0 = \sigma(\Delta x) &= \sqrt{(S^2/N_1) + (S^2/N_2)} \\
 &= \sqrt{(0,572^2/861) + (0,715^2/36)} \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

en voor de verwachting geldt:

$$E(\Delta x) = |\mu_1 - \mu_2| = 0$$

In werkelijkheid wordt het volgende resultaat verkregen:

$$\begin{aligned}
 |X_1 - X_2| &= |0,512 - 1,009| \\
 &= 0,497
 \end{aligned}$$

De vraag is nu: Is dit een significante afwijking ten opzichte van de verwachte waarde 0 ?

Volgens de normale verdeling hoort bij een betrouwbaarheidsinterval van 95% een $t = 1,96$

$$\begin{aligned}
 t_{s0} &= t * S_0 \\
 &= 1,96 * 0,1 \\
 &= 0,196
 \end{aligned}$$

H_0 mag geaccepteerd worden als $t_{s0} > |X_1 - X_2|$

Hier is: $t_{s0} < |X_1 - X_2|$

$$0,196 < 0,497$$

Dit betekent dat de hypothese niet geaccepteerd mag worden; de afwijking ten opzichte van 0 is significant:

- de gemiddelden van beide verzamelingen zijn niet gelijk

Conclusie

De aanname van een totale onafhankelijkheid wordt met een risico van minder dan 5% verworpen. Er is sprake van een zekere afhankelijkheid tussen het voorkomen van een buitengewoon stormgetijde met een hoogwaterstand op de Schelde van 7 m TAW of meer en een extreem debiet op de Barbierbeek.

Discussie

De zekere afhankelijkheid die hier is bewezen zou de verwachting kunnen wekken dat bij een buitengewoon stormgetij op de Schelde er dus met een hoog debiet van de Barbierbeek rekening gehouden dient te worden. Hierbij kunnen echter wel een aantal opmerkingen geplaatst worden. Ten eerste is het gemiddelde debiet van de Barbierbeek op de dag van het stormtij (steekproef 2) vergelijkbaar met een debiet met een terugkeerperiode van ongeveer 1 jaar. Een debiet van $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ heeft een terugkeerperiode van 2,5 jaar. Het gemiddelde debiet tijdens een stormtij is dus wel hoger maar lang niet zo hoog als een extreem debiet.

Ten tweede zijn dagen waarop afvoeren boven de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ van de Barbierbeek opgetreden zijn vergeleken met de dagen waarop buitengewone stormtijden op de Schelde zijn opgetreden. De dagen van de maximale afvoeren zijn zo dicht mogelijk bij de dagen van de laatste 10 buitengewone stormgetijden op de Schelde gezocht. De dagen zijn geselecteerd uit de periode 1966 t/m 1995. Deze staan in tabel B:

data afvoeren van de data laatste 10 buitengewone stormgetijden op de Barbierbeek boven 1,43 Schelde m^3/s	
12-12-66	16-11-66
6-12-73	14-12-73
13-12-76	3-1-76
20-2-77	15-11-77
2-2-83	2-2-83
26-11-84	24-11-84
1-4-86	20-10-86
geen	27-2-90
geen	28-2-90
geen	1-3-90

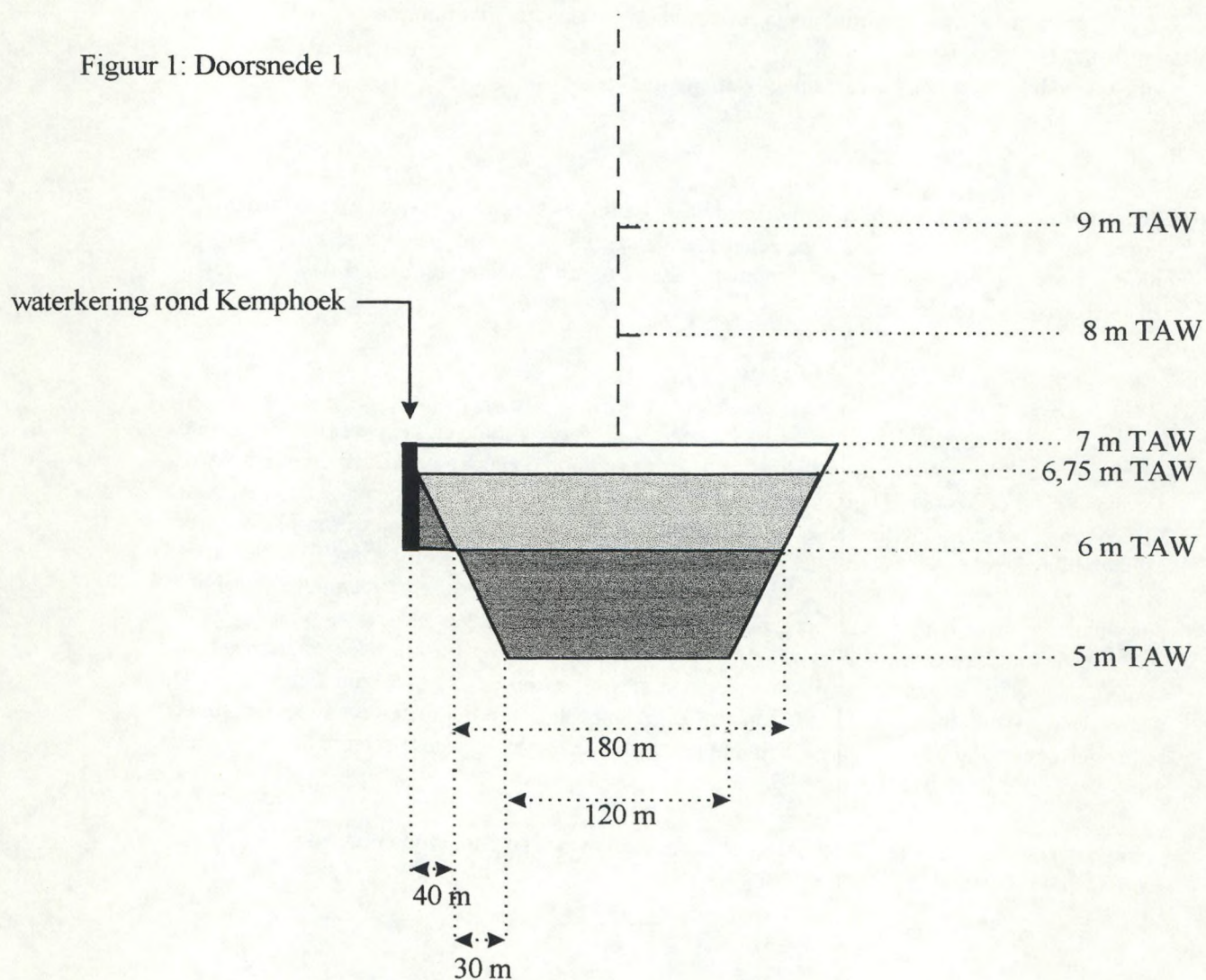
Tabel B: vergelijking data van stormtijden en van extreme afvoeren Barbierbeek

Uit tabel B blijkt dat slechts op een dag een stormgetijde samengevallen is met een dag waarop een debiet van de Barbierbeek op trad hoger dan $1,43 \text{ m}^3/\text{s}$, en wel op 2-2-1983. Op deze dag bedroeg het debiet van de Barbierbeek $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$, dit debiet heeft ongeveer een terugkeerperiode van 2,5 jaar.

De conclusie van totale onafhankelijkheid is verworpen met een risico van minder dan 5%, maar er is ook geen sprake van een totale afhankelijkheid tussen het voorkomen van een stormtij op de Schelde en een extreem debiet op de Barbierbeek.

Bijlage 10

Figuur 1: Doorsnede 1



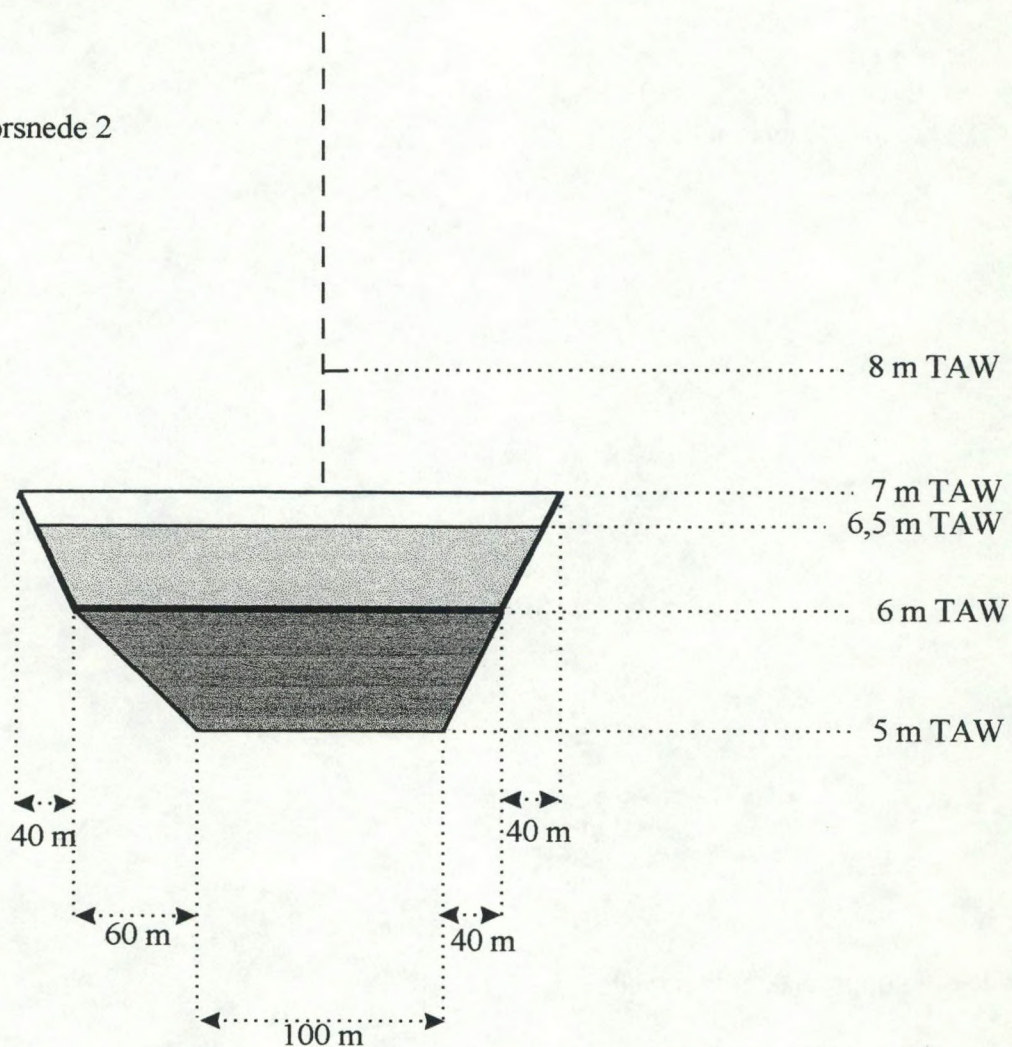
Berekening oppervlakte doorsnede 1:

$$\begin{aligned} &= 120 + 2(30 \cdot 1 \cdot 0.5) = 150 \text{ m}^2 \\ &= 180 \cdot 0.75 + 2(40 \cdot 0.75 \cdot 0.5) = 165 \text{ m}^2 \\ &= 40 \cdot 0.75 \cdot 0.5 = 15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Totale oppervlakte doorsnede 1 = 330 m²

Bijlage 10 vervolg

Figuur 2: Doorsnede 2



Berekening oppervlakte doorsnede 2:

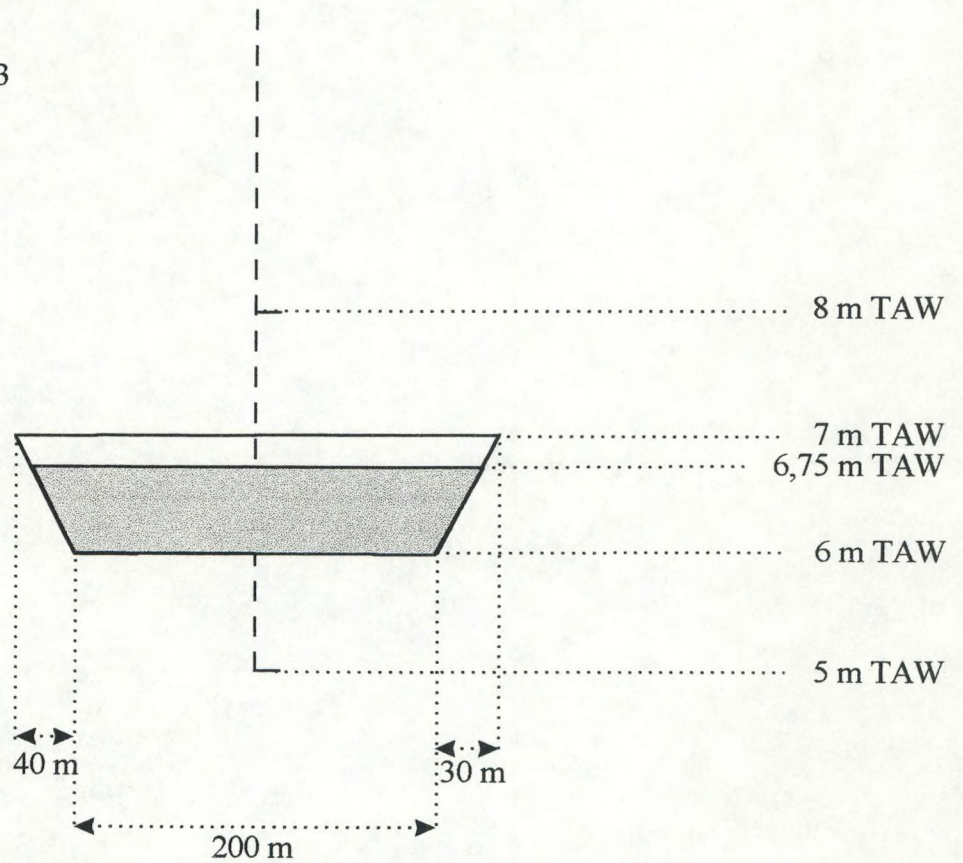
$$\text{Dark Gray Layer} = 100 + 40 \cdot 1 \cdot 0.5 + 60 \cdot 1 \cdot 0.5 = 150 \text{ m}^2$$

$$\text{Light Gray Layer} = 200 \cdot 0.75 + 40 \cdot 1 \cdot 0.75 = 180 \text{ m}^2$$

Totale oppervlakte doorsnede 2 = 330 m²

Bijlage 10 vervolg

Figuur 3: Doorsnede 3



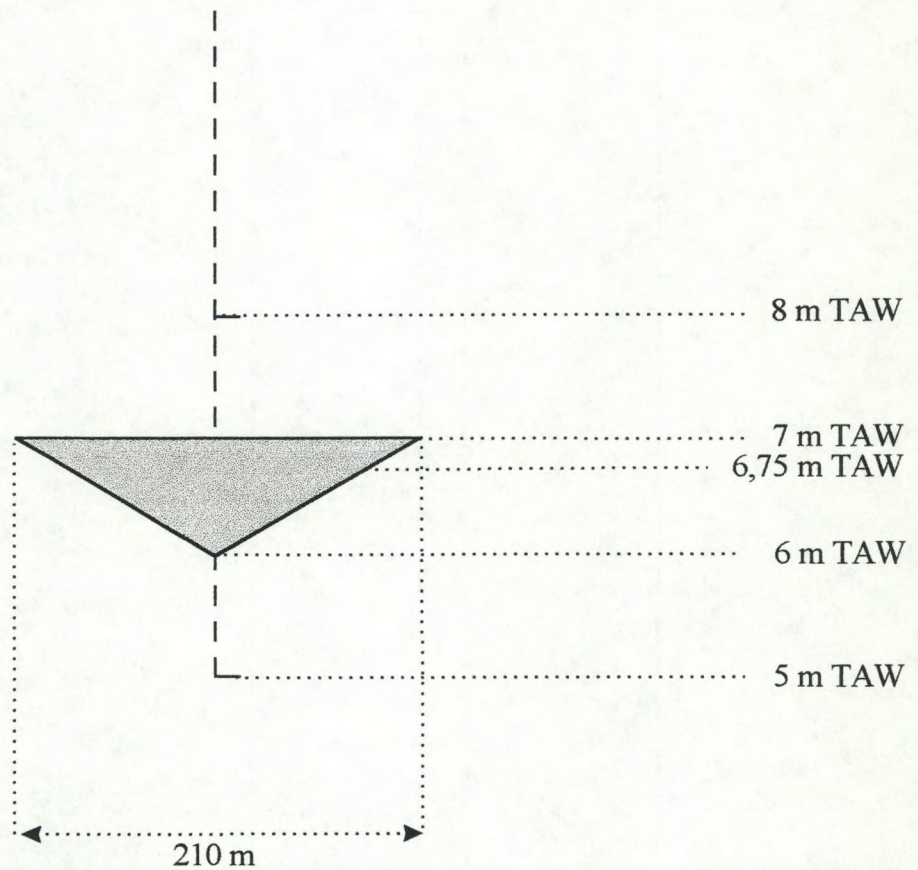
Berekening oppervlakte doorsnede 3:

$$\begin{aligned}
 \text{Oppervlakte} &= 200 \cdot 0.75 + \{(30 \cdot 1 \cdot 0.5) - (0.25 \cdot 29.75) - (0.5 \cdot 0.25 \cdot 0.25)\} \\
 &\quad + \{(40 \cdot 1 \cdot 0.5) - (0.25 \cdot 39.75) - (0.5 \cdot 0.25 \cdot 0.25)\} \\
 &= 150 + 7.53 + 10.03 \\
 &= 167.6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Totale oppervlakte doorsnede 3 = 167.6 m²

Bijlage 10 vervolg

Figuur 4: Doorsnede 4



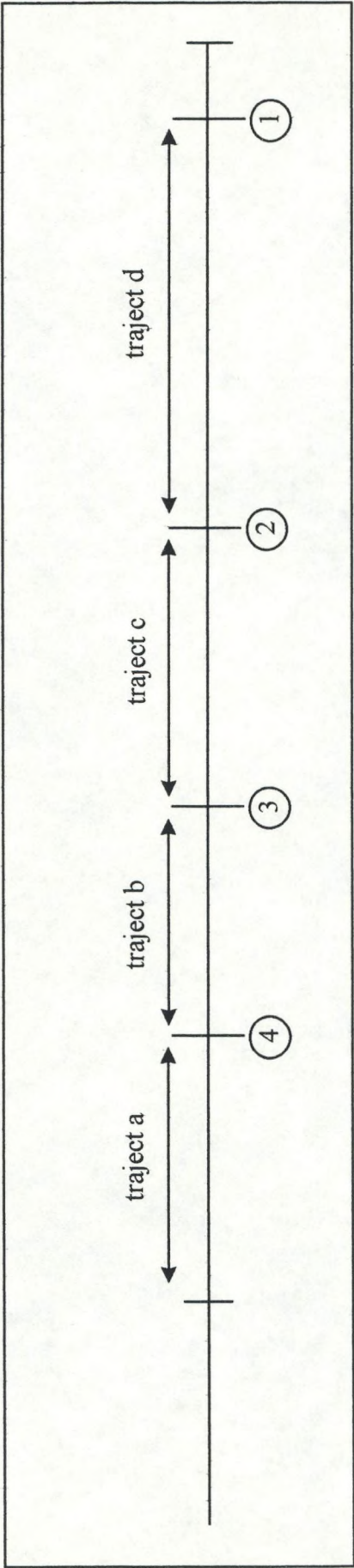
Berekening oppervlakte doorsnede 4:

$$\begin{aligned} \text{Area} &= 2 (105 \cdot 1 \cdot 0.5) - (0.25 \cdot 105) \\ &= 78.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Totale oppervlakte doorsnede 3 = 78.8 m²

Bijlage 10 vervolg

Figuur 5: Situering van de doorsneden van het wachtbekken en de onderlinge afstanden

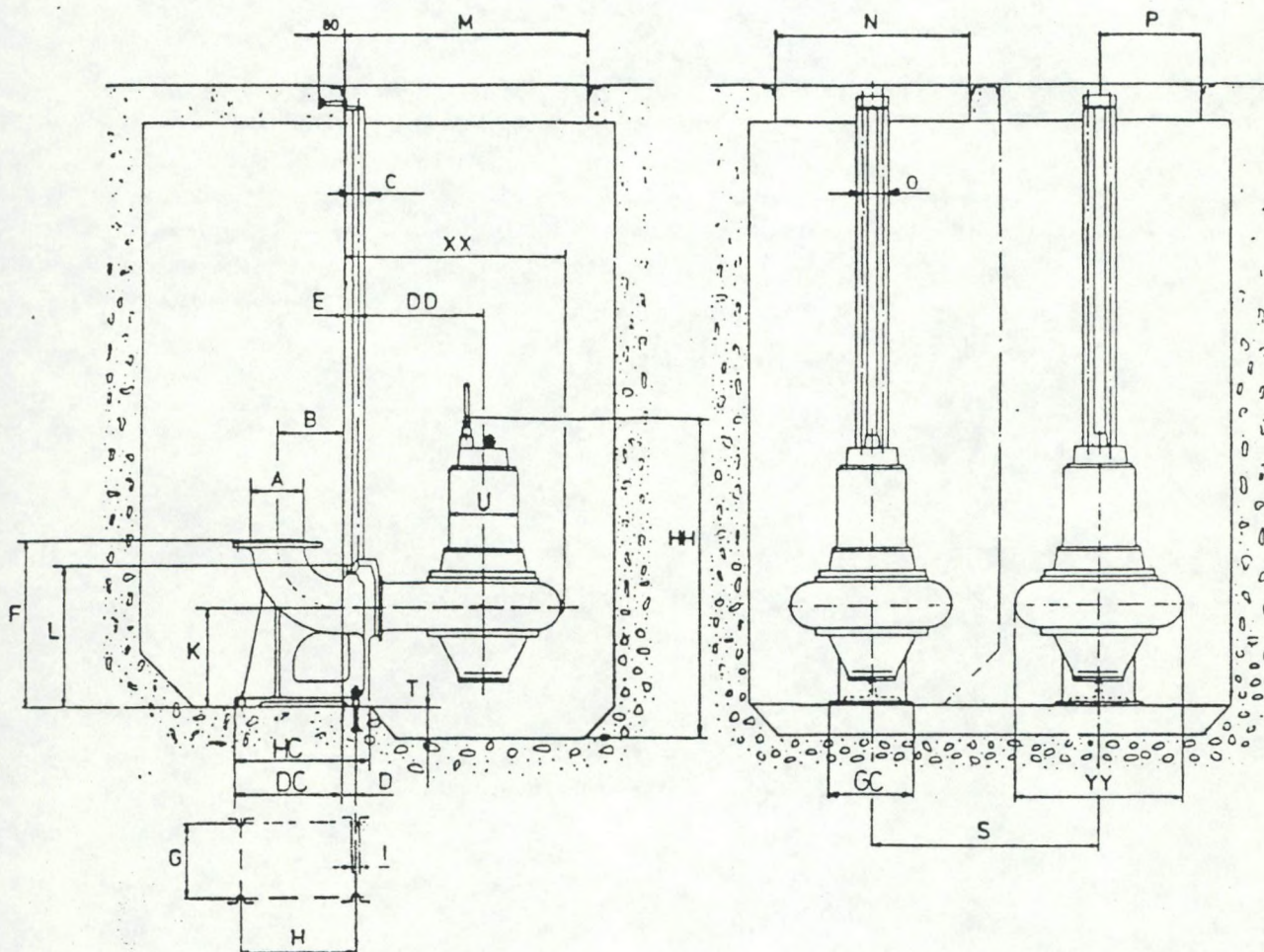


traject	lengte traject (m)	doorsnede	A (m ²)	deel-volume (m ³)
d	700	1	330	231000
c	440	2	330	145200
b	220	3	167,8	36850
a	300	4	78,8	23640

Tabel 1: Oppervlakten van de doorsneden en de bijbehorende deelvolumes

Bijlage 11: Technische gegevens schroefcentrifugaalpomp

In deze bijlage staan de technische gegevens van een schroefcentrifugaalpomp zoals beschreven in hoofdstuk 7. De informatie is verstrekt door Eekels pompen b.v. Het is niet uitgesloten dat er bij uitvoer van een dergelijk gemaalttype op enkele punten afgeweken moet worden van onderstaande informatie.



afmetingen in mm

type	A	B	C	D	DC	DD	E	F	G	GC	H	HC	HH max
L20-SD	500	490	3	100	785	1250	110	1050	672	760	800	1000	2700

I	K	L	M	N	O	P	S	T	U max	XX	YY
32	450	810	2300	1800	300	900	1900	630	570	2140	1750

Benodigd vermogen

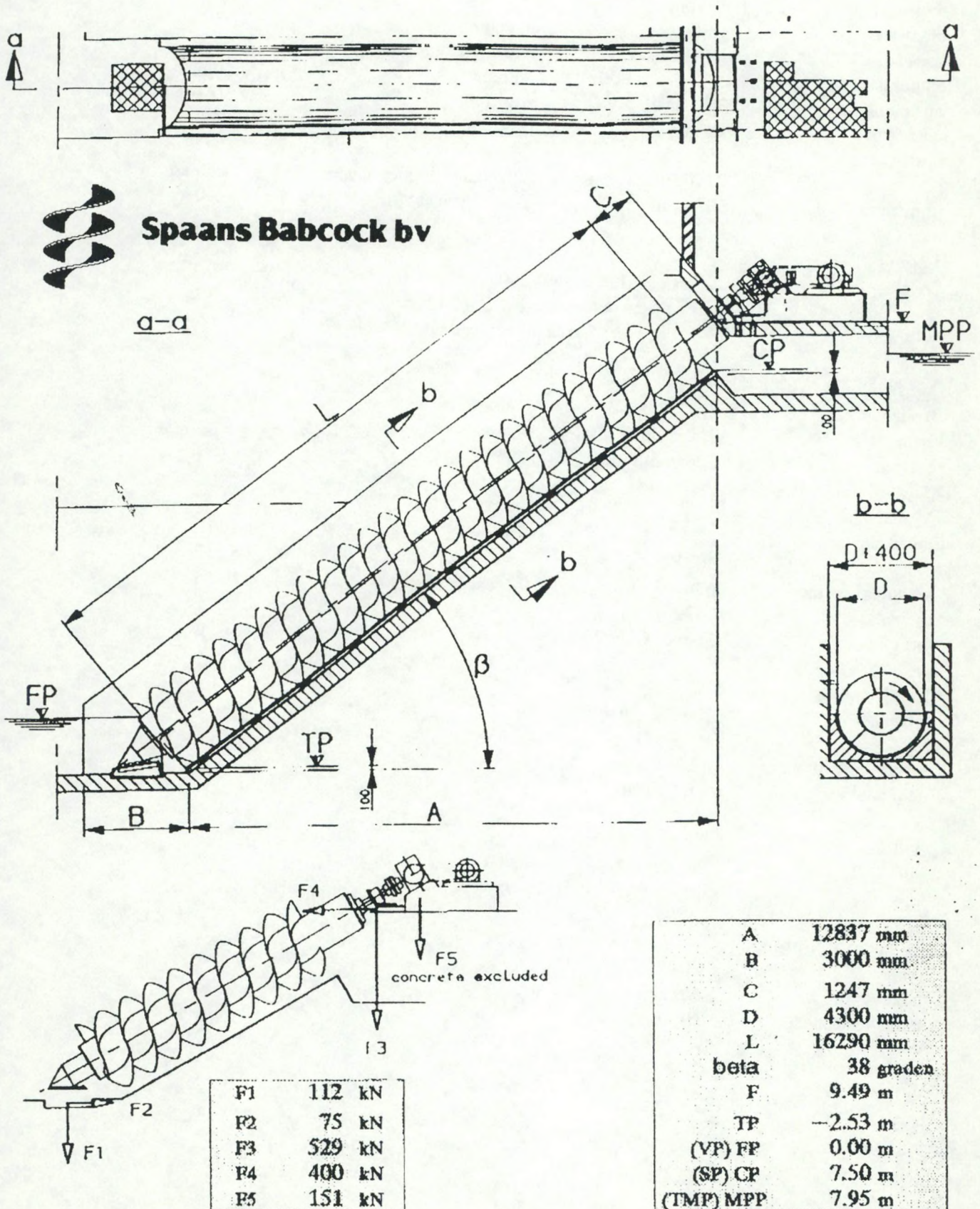
$$P = (p \cdot Q / 3,67 \cdot \eta) \cdot \rho$$

P	= vermogen (kW)	
p	= druk (m)	= 8,0
Q	= debiet in m ³ /h	= 32040
η	= rendement (%)	= 70
ρ	= soortelijk gewicht (kg/dm ³)	= 1,0

$$P_{\text{totaal}} = (8,0 \cdot 32040 / 3,67 \cdot 70) \cdot 1 = 997,7 \text{ kW}$$

Bijlage 12: technische gegevens schroefvijzelgemaal

In deze bijlage staan de technische gegevens van een schroefvijzelgemaal zoals beschreven in hoofdstuk 7. De informatie is verstrekt door Spaans Babcock b.v. Het is niet uitgesloten dat er bij uitvoer van een dergelijk gemaal op enkele punten afgeweken moet worden van onderstaande informatie.



Technische beschrijving

<u>Aantal vijzels</u>	: 2		
type	: Betonnen trog	opgenomen vermogen	
capaciteit	: 5000 l/s	aan de motoras	: 549.6 kW
toerental	: 20 rpm		
diameter	: 4300 mm	opvoerhoogte	: 7.95 m
spoed	: 3870 mm	tegenmaalpunt (max.)	: 7.95 m
aantal gangen	: 3	vulpunt	: 0.00 m
opstellingshoek	: 38 °	stortpunt	: 7.50 m
bladdikte	: 12 mm	tastpunt	: - 2.53 m
beschoepte lengte	: 16290 mm		
pijp	: 2120 * 12.5 mm	Vijzelgewicht incl. lagers	: 36000 kg
pijplengte	: 17200 mm	Totaal gewicht	: 53250 kg

Lagers

bovenlager	: vetgesmeerd LGB 260/280
onderlager	: automatisch vetgesmeerd LGO 240
vetpomp	: Woerner Elektrisch aangedreven GMA

Verfsysteem

stralen	: SA 2.5
primer	: Zink Primer 40 µm
coating	: Epoxy 300 µm

Motor

fabrikaat	: AEG o.g.w.	spanning	: 400 V
type	: 408X	frequentie	: 50 Hz
nominaal vermogen	: 630 kW	beschermingsklasse	: IP 55
toerental	: 1492 rpm		
teruglooprem	: Stieber CLV 70		

Tandwielkast

fabrikaat	: Flender o.g.w.
type	: B3 SH21
overbrengverhouding	: 49.798
nominaal koppel	: 400000 Nm

Koppeling

fabrikaat	: Flender o.g.w.
type	: Rupex RWN 1250K

V-snaar overbrenging

type	: 13 SPC
motorschijf	: 475 mm
tandwielkastschijf	: 710 mm

Bijlage 13: Soortenlijst

Flora

Akkerdistel	<i>Cirsium arvense</i>
Amandelwilg	<i>Salix Triandra</i>
Dotterbloem	<i>Caltha palustris</i>
Driekantige bies	<i>Scirpus triqueten</i>
Duist	<i>Alopecurus myosuroides</i>
Echte koekoeksbloem	<i>Lychnis</i>
Els	<i>Alnus</i>
Engels raaigras	<i>Lolium perenne</i>
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>
Gele lis	<i>Iris pseudacorus</i>
Gele plomp	<i>Nulphar lutea</i>
Gestreepte witbol	<i>Holcus lanatus</i>
Gewone hoornbloem	<i>Cerastium fontanum</i>
Gewoon biggeloof	<i>Hypochaeris radicata</i>
Grauwe wilg	<i>Salix cinerea</i>
Grote brandnetel	<i>Urtica dioica</i>
Grote weegbree	<i>Plantago major</i>
Herderstasje	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Hondsdrif	<i>Glechoma hederacea</i>
Klit	<i>Arctium sp.</i>
Kraakwilg	<i>Salix fragilis</i>
Kropaar	<i>Dactylis glomerata</i>
Kruipende boterbloem	<i>Ranunculus repens</i>
Kweek	<i>Elymus repens</i>
Madeliefje	<i>Bellis perennis</i>
Moeras-vergeet-je-me-nietje	<i>Myotis palustris</i>
Moeraszegge	<i>Carex acutiformis</i>
Paardebloem	<i>Taraxacum officinale</i>
Pinksterbloem	<i>Cardamine pratensis</i>
Ridderzuring	<i>Rumex obtusifolius</i>
Rietzwenkgras	<i>Festuca arundinacea</i>
Pluimzegge	<i>Carex panícula</i>
Ruwe melkdistel	<i>Sonchus asper</i>
Schietwilg	<i>Salix alba</i>
Speenkruid	<i>Ranunculus ficaria</i>
Straatgras	<i>Poa annua</i>
Veldzuring	<i>Rumex acetosa</i>
Vogelmuur	<i>Stellaria media</i>
Witte klaver	<i>Trifolium repens</i>

fauna

Bruine kiekendief	<i>Circus aeruginosus</i>
Baardmannetje	<i>Panurus biarmicus</i>
Gele kwikstaart	<i>Motacilla flava</i>
Rietgors	<i>Eemberzio schoenoides</i>
Roerdomp	<i>Botaurus stellaris</i>
Snor	<i>Rallus aquaicus</i>
Waterral	<i>Rallus aquaicus</i>

Bijlage 14: Soortenlijst van mesofiel cultuurgrasland langs noordelijke Barbierbeekdijk

Akkerdistel	<i>Cirsium arvense</i>
Duist	<i>Alopecurus myosuroides</i>
Engels raaigras	<i>Lolium perenne</i>
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>
Grote brandnetel	<i>Urtica dioica</i>
Grote weegbree	<i>Plantago major</i>
Gestreepte witbol	<i>Holcus lanatus</i>
Gewone hoornbloem	<i>Cerastium fontanum</i>
Gewoon biggekruid	<i>Hypochoeris radicata</i>
Herderstasje	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Hondsdraf	<i>Glechoma hederacea</i>
Klit	<i>Arctium</i> sp.
Kropaar	<i>Dactylis glomerata</i>
Kruipende boterbloem	<i>Ranunculus repens</i>
Kweek	<i>Elymus repens</i>
Madeliefje	<i>Bellis perennis</i>
Paardebloem	<i>Taraxacum officinale</i>
Ridderzuring	<i>Rumex obtusifolius</i>
Rietzwenkgras	<i>Festuca arundinacea</i>
Ruwe melkdistel	<i>Sonchus asper</i>
Speenkruid	<i>Ranunculus ficaria</i>
Straatgras	<i>Poa annua</i>
Vogelmuur	<i>Stellaria media</i>
Witte klaver	<i>Trifolium repens</i>

Berekeningen van het grondverzet behorende bij de ingrepen als beschreven in Hoofdstuk 11 "Ruimte voor meer natuurlijke Barbierbeek".

A hand-drawn cross-section diagram of a dam. The dam has a sloped upstream face on the left, a flat crest of width b_d , and a sloped downstream face. The upstream face is divided into three horizontal sections with heights labeled on the left: 4 m TAW (top), $2,6\text{ m TAW}$ (middle), and $1,2\text{ m TAW}$ (bottom). The vertical distance between the 4 m TAW and $2,6\text{ m TAW}$ levels is labeled h_d . The horizontal distance from the upstream face to the start of the crest is labeled b_t . The downstream face has a slope labeled $1:5$. The total height of the dam is labeled h_t . The horizontal distance from the crest to the downstream toe is labeled b_t' . The crest is at a height of $2,6\text{ m TAW}$ from the base level. The base level is indicated by a dashed line.

$$\begin{aligned}\text{Oppervlakte dijk} &= b_d * h_d + 2 (0,5 * h_d * (b_d + 2 b_{ti})) \\ &= 1 * 1,4 + (0,5 * 1,4 * 2,1) \\ &= 4,34 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Oppervlakte oever = $h_o * b_o = 0,1 * 30 = 3 \text{ m}^2$
Oppervlakte talud = $= 0,5 * h_t * b_t = 0,5 * 1,3 * 6,5 = 4,2 \text{ m}^2$

Lengte ingreep 1b = 125 m

Lengte ingreep 2a = 500 m

Volume totaal 2a = Totale oppervlakte 2a * Lengte ingreep 2a
 $\approx 23870 \text{ m}^3$

Ingreep 2b:

Gemiddelde hoogte van het maaiveld in de polder van Kruibeke $\approx 1,5$ m TAW

Gemiddelde hoogte van de bodem van de Barbierbeek is gesteld op ≈ 1 m TAW

$$\begin{aligned}\Delta \text{ hoogte} &= \text{hoogte van het maaiveld} - \text{hoogte van de bodem van de Barbierbeek} \\ &= 0,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Breedte loop beek is gesteld op 4 m

$$\text{Totale oppervlakte 2b} = 0,5 * 4 = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Lengte ingreep 2b} \approx 375 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume totaal 2b} &= \text{Totale oppervlakte 2b} * \text{Lengte ingreep 2b} \\ &\approx 750 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ingreep 3a:

Zie figuur 1.

$$\text{Totale oppervlakte 1b} = 11,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Lengte ingreep 3a} = 500 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume totaal 3a} &= \text{Totale oppervlakte 1b} * \text{Lengte ingreep 3a} \\ &\approx 5800 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ingreep 4b:

Zie figuur 1.

$$\text{Totale oppervlakte 1b} = 11,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Lengte ingreep 4b} = 475 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume totaal 4b} &= \text{Totale oppervlakte 1b} * \text{Lengte ingreep 4b} \\ &\approx 5510 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ingreep I:

Wateroppervlak van de poel is gesteld op 100 m^2

Gemiddelde waterdiepte is gesteld op 0,5 m

$$\text{Volume totaal I} = 100 * 0,5 = 50 \text{ m}^3$$

Ophogen Nieuwe Gaanweg:

$$\begin{aligned}\text{Oppervlakte van de doorsnede van de Nieuwe Gaanweg} &= \text{gemiddelde breedte} * \text{hoogte} \\ &= 1,5 * 0,5 = 0,75 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Lengte Nieuwe Gaanweg} = 950 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Nieuwe Gaanweg} &= \text{Oppervlakte van de doorsnede van de Nieuwe Gaanweg} * \text{lengte} \\ &= 0,75 * 950 = 713 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Bijlage 16: Karakteristieken van verschillende oeververdedigings materialen

	<i>voordelen</i>	<i>nadelen</i>	<i>hoeveelheid</i>	<i>kosten</i>
rijshout	<ul style="list-style-type: none"> • effectief • natuurlijk materiaal • afbreekbaar • oever-systeemeigen • milieuvriendelijke productie • biedt goede mogelijkheden voor begroeiing zoals rietrollen 	<ul style="list-style-type: none"> • korte levensduur; na een aantal jaren valt het uiteen • tussentijds onderhoud; vervanging 		verwerking; palen: 1,- /stuk vlechtmat: 3,- /m ²
Europees hout	<ul style="list-style-type: none"> • effectief • natuurlijk materiaal • afbreekbaar 	<ul style="list-style-type: none"> • korte levensduur; onbehandeld ± 5 jaar • onderhoud; vervanging 		levering; palen: 350,- /m overige: 550,- /m
losse steenbestorting	<ul style="list-style-type: none"> • relatief goedkoop • effectief • duurzaam • natuurlijk materiaal • biedt na opslibbing begroeiings-mogelijkheden • biedt schuilplaatsen voor organismen 	<ul style="list-style-type: none"> • onderhoud: aanvullende aanstorting • geschikt in bredere waterlopen 		levering; 22,- / 29,- per ton verwerking; 15,- / 25,- per ton
losse grindbestorting	<ul style="list-style-type: none"> • idem steenbestorting 	<ul style="list-style-type: none"> • onderhoud: aanvullende aanstorting • geschikt in kleinere, smallere waterlopen 		levering; 10,- / 16,- per ton (fijn grind is het duurste) verwerking; 5,- / 25,- per ton

Bijlage 17: Dynamisch-Barbierbeek-model in Mathcad, in de wintersituatie

1. Inlezen van de hoogte/volume relatie van het gebied dat onder water komt te staan (Barbiergeul, oeverzone en open plas) en het opstellen van functies die via een lineaire interpolatie, een waterhoogte op basis van een volume of vice versa berekenen.

$$H = \begin{bmatrix} 0.80 \\ 0.90 \\ 1.00 \\ 1.10 \\ 1.20 \\ 1.35 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} 0 \\ 6616 \\ 13059 \\ 19719 \\ 27874 \\ 41328 \end{bmatrix}$$

$$\text{Vol(hoogte)} = \text{linterp}(H, V, \text{hoogte})$$

$$\text{WH(volume)} = \text{linterp}(V, H, \text{volume})$$

2. Opstellen van functies die het debiet door een sluis berekent op basis van een standaard formules uit de hydraulica

$$\text{Qoverlaat}(h1, h2, \text{sill}, \text{breedte}, \text{alfa1}, \text{alfa2}) = \begin{cases} dh \leftarrow \begin{cases} h1 - \text{sill} & \text{if } (h1 > \text{sill}) \cdot \left[(h2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h1 - \text{sill}) \right] \\ 0 & \text{if } (h1 \leq h2) \\ 0 & \text{if } (h1 \leq \text{sill}) \\ h1 - h2 & \text{otherwise} \end{cases} \\ q \leftarrow \begin{cases} \left(\text{alfa1} \cdot \text{breedte} \cdot dh^{\frac{3}{2}} \right) & \text{if } (h1 > \text{sill}) \cdot \left[(h2 - \text{sill}) \leq \frac{2}{3} \cdot (h1 - \text{sill}) \right] \\ \left[\text{alfa2} \cdot \text{breedte} \cdot (h2 - \text{sill}) \cdot \sqrt{19.62 \cdot dh} \right] & \text{otherwise} \end{cases} \\ q \end{cases}$$

3. Indeling van de berekening in tijdsstappen

De berekening loopt over 90 uur in tijdsstappen van 15 min.:

$$t = 90 \quad \text{int} = 0.25 \quad n = \frac{t}{\text{int}} \quad i = 0..n$$

4. Inlezen van een getijkromme op de Schelde, dit is een gesimuleerd sinusoidaal getij op basis van de waargenomen normaalgetijwaarden ter hoogte van Hemiksem (gelegen tegenover Kruibeke op de rechteroever)

$$\text{Getij} = \text{READPRN}(\text{normaaltijOtto}) \quad \text{hhulpriv}_i = \frac{\text{Getij}_i + \text{Getij}_{i+1}}{2}$$

5. Functiedefinitie voor debietberekening door de sluis in de ringdijk die de Barbierbeek met de Schelde verbindt

$$\text{QO}(\text{hbeek}, \text{hriv}) := \text{Qoverlaat}(\text{hbeek}, \text{hriv}, 0.8, 6 \cdot 1.3, 1.72 \cdot 0.8, 0.8)$$

6. Instellen van de beginwaarden

beginhoogte van de Barbierbeek in de polder: $\text{hstartbeek} := 0.8$

debiet van de Barbierbeek in het eerste X aantal uren: $\text{debBB1} := 1 \quad X = 48$

debiet van de Barbierbeek in het tweede deel: $\text{debBB2} := 0.7$

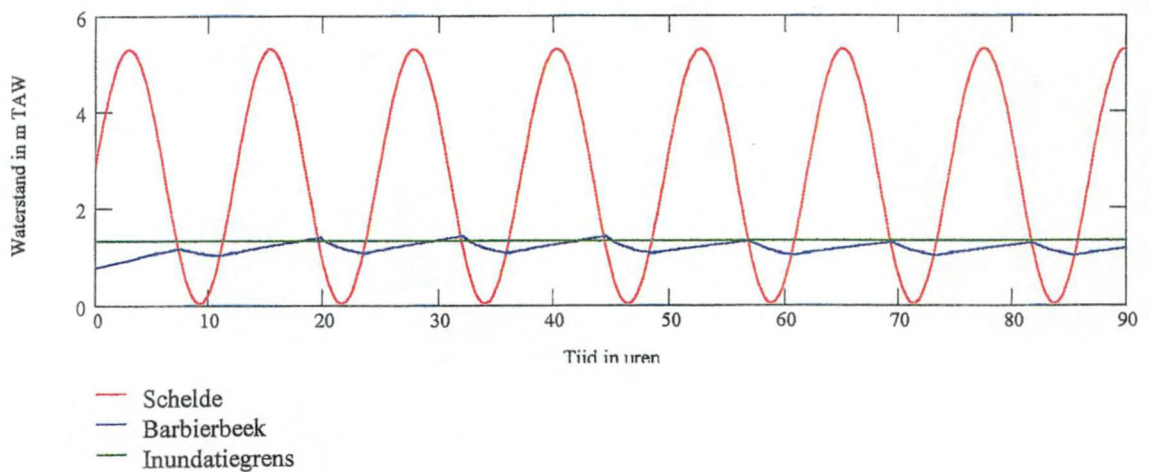
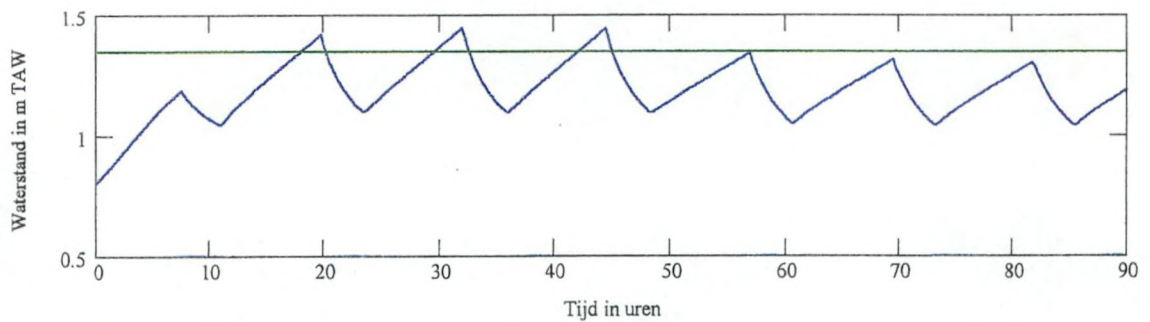
inundatiegrens $e := 1.35$

7. De iteratieprocedure

$$\begin{pmatrix} v \\ h \end{pmatrix} := \begin{array}{l} h_0 \leftarrow \text{hstartbeek} \\ v_0 \leftarrow \text{Vol}(h_0) \\ \text{for } \text{ind} \in 0 \dots n \\ \quad \text{debBB}_{\text{ind}} \leftarrow \begin{cases} \text{debBB1} & \text{if } \text{ind} < \frac{X}{\text{int}} \\ \text{debBB2} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{for } \text{ind} \in 1 \dots n \\ \quad \begin{cases} \text{Nvolb} \leftarrow v_{\text{ind}-1} + (\text{debBB}_{\text{ind}-1} - \text{QO}(h_{\text{ind}-1}, \text{hhulpriv}_{\text{ind}-1})) \cdot \text{int} \cdot 3600 \\ v_{\text{ind}} \leftarrow \text{Nvolb} \\ h_{\text{ind}} \leftarrow \text{WH}(v_{\text{ind}}) \end{cases} \end{array}$$

$$\begin{pmatrix} v \\ h \end{pmatrix}$$

8. De resultaten



Bijlage 18. Lijst van Afkortingen

AMINAL	: Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
AMIS	: Algemene Milieu-Impact Studie voor het eerste deel van het Sigmaplan
AROHM	: Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten en Landschappen
AWZ	: Administratie Water en Zeewezen
GGG	: Gecontroleerd Gereduceerd Getij
GOG	: Gecontroleerd OverstromingsGebied
GOG-KBR	: Gecontroleerd OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde
IBW	: Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer
IN	: Instituut voor Natuurbehoud
MAP	: Mest Aktie Plan
MER	: Milieu Effect Rapportage
RWZI	: rioolwaterzuiveringsinstallatie
TAW	: Tweede Algemene Waterpassing
TRP	: Totaal Riolerings Plan
VLAREM-II	: Vlaams Regelement op de Milieuvergunningen
VMM	: Vlaamse Milieu Maatschappij

HET INSTITUUT VOOR NATUURBEHOUD

Het Instituut voor Natuurbehoud (I.N.) is een wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap.

Het werd op 1 maart 1986 operationeel met als algemene taakstelling : *“alle passende wetenschappelijke studies, onderzoeken en werkzaamheden uit te voeren in verband met het natuurbehoud, inzonderheid met het oog op het uitwerken van actiemiddelen en wetenschappelijke criteria tot het voeren van een beleid inzake natuurbehoud; hiertoe verzamelt het alle nuttige documentatie, onderneemt het de nodige studies en onderzoeken, richt enquêtes in en zorgt voor de overdracht van de verworven kennis aan de bevoegde overheden...”*

Het onderzoek heeft betrekking op de biodiversiteit, meer bepaald op de inventarisatie, monitoring en ecologie van diverse plante- en diersoorten, populaties en levensgemeenschappen. In het landschapsecologisch onderzoek gaat de aandacht vooral naar ecohydrologie en habitatfragmentatie. De wetenschappelijke kennis ligt aan de basis van soortbeschermingsplannen, referentiekaders, kartering en evaluatie van natuurwaarden, gebiedsgerichte acties inzake natuurontwikkeling, -herstel en -beheer. Dit beoogt het inpassen van ruimtelijke en kwalitatieve noden van natuurbehoud in landinrichting, structuurplanning en milieubeheer.

Het Instituut is betrokken bij verschillende internationale onderzoeksprojecten en organisaties.

Adviesverlening is een belangrijke taak van het Instituut. Deze gebeurt zowel naar het Kabinet van de bevoegde Minister, de Vlaamse Hoge Raad voor Natuurbehoud, de Milieu- en Natuurraad van Vlaanderen, de administratieve diensten voor natuurbehoud, als naar provincies, gemeenten en diverse particuliere natuurverenigingen.

In opdracht van derden kunnen via het *Eigen Vermogen* specifieke studies, karteringen en expertises worden uitgevoerd, waarvoor contractuele medewerkers kunnen worden aangetrokken.

Directeur van het Instituut : Prof. Dr. Eckhart Kuijken.



Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap



Instituut voor Natuurbehoud

Kliniekstraat 25 - B-1070 Brussel - België - Tel. 32-2 558 18 11 - Fax 32-2 558 18 05 - <http://www.instnat.be/>